

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra automatizační techniky a řízení



Měřicí a diagnostické systémy s bezdrátovou komunikací

Wireless communication in measurement and diagnostic systems

Diplomant:

Bc. Chrenka Vladimír

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Kulhánek, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra automatizační techniky a řízení

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Vladimír Chrenka

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

3902T004 Automatické řízení a inženýrská informatika

Téma:

Měřicí a diagnostické systémy s bezdrátovou komunikací
Wireless Communication in Measurement and Diagnostic Systems

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte rozbor vlastností, struktury a aplikačních možností bezdrátových průmyslových sítí (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, Wi-MAX) důrazem na využití v inteligentní instrumentaci na základě dostupné literatury, prospektové dokumentace a informací z WEBu.
2. Seznamte se s realizovanými laboratorními modely na katedře ATR v laboratořích H 303, H 310 a s možnostmi jejich komunikace s počítačem PC (USB, ILAN, WLAN) a ověřte funkčnost vybraných úloh vytvořenými v rámci řešení diplomových a disertačních prací a zhodnoťte kriticky jejich vlastnosti.
3. Na základě předchozí analýzy navrhnete variantní řešení nové úlohy pro oblast bezdrátových průmyslových sítí, včetně USB WLAN s využitím „smart instrumentace“.
4. Vybranou úlohu z oblasti WLAN s využitím „smart senzorů a instrumentace“ zkompletujte a ověřte její technickou a programovou podporu.
5. Zhodnoťte kriticky dosažené výsledky a navrhnete směr dalšího řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] Diplomové práce na kat. ATR z let 1995 až 2009. Ostrava: VŠB-TUO, kat. 352.
- [2] NOVÁK, P. 2005. *Mobilní roboty*. Praha: BEN, 2005. 265 s. ISBN 80-7300-141-1.
- [3] EREN, H. 2006. *Wireless Sensors and Instrumentation*. Network, Design, and Applications. Boca Raton (USA): Taylor & Francis Group, 2006. 297 p. ISBN 0-8493-3674-0.
- [4] ZEŽULKA, F. 2004. *Prostředky průmyslové automatizace*. Brno: VUT IUM, 2004. 150 s. ISBN 80-214-2610-1.
- [5] SCHMID, D. a kolektiv 2000. *Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku*. Praha: Vydavatelství Sobotáles, 2005. 420 s. ISBN 80-86706-10-9.
- [6] RIPKA, P., ĎÁDO, S. KREIDL, M. NOVÁK, J. *Senzory a převodníky*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2009. 136 str. ISBN 978-80-01-03123-0

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Kulháněk, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



Tůma

prof. Ing. Jiří Tůma, CSc.
vedoucí katedry

Farana

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:
.....

Podpis:

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:

Podpis:

Adresa trvalého pobytu:

Kukučínova 3
908 51 Holíč

Anotace

Chrenka, Vladimír. Měřicí a diagnostické systémy s bezdrátovou komunikací. Ostrava: katedra automatizační techniky a řízení, Fakulta strojní, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011, 77 s. Diplomová práce. Vedoucí DP: Kulhánek J.

Tato práce je zaměřena na oblast bezdrátových senzorových sítí. V úvodních kapitolách jsou popsány bezdrátové technologie, které se využívají v počítačových sítích, v mobilních komunikacích a v bezdrátových senzorových sítích. V dalších kapitolách opisují použitý hardware bezdrátových senzorových sítí. Dále popisují laboratorní úlohy a vybranou úlohu využívající bezdrátové senzorové sítě. V práci také popisují aplikaci MOTEKom, která byla vytvořena ve vizualizačním prostředí Control Web 5 a tvorbu aplikace pro snímače Phidgets ve vizualizačním prostředí LabVIEW. V práci byla navržena úloha s využitím bezdrátových senzorových nodů. V následujících kapitolách je popsána tvorba aplikace pro tuto úlohu a způsob komunikace mezi sběrnou stanicí a nody, s čímž souvisí také detailní rozbor formátu řetězce TOSMSg, který nody odesílají anebo dokáže přijmout jako příkaz z nadřazeného systému.

Annotation

Chrenka, Vladimír. *Wireless communication in measurement and diagnostic systems.* Ostrava: Department of Control Systems and Instrumentation, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB-Technical University of Ostrava, 2011, 77 s. Diploma work. Head DW: Kulhánek J.

This thesis is concentrated on wireless sensor networks area. In first chapter describes main wireless technologies mainly used in computer networks, mobile communication and sensor networks are described. The next I describe tasks the laboratory and selected task using wireless sensor networks. In thesis also I describe the application MOTEKom, which was designed in the Control Web 5 visualization environment and the making applications of Phidgets sensors for visualization, which was designed in LabVIEW visualization environment. In this thesis the task was designed to work using wireless sensor nodes. In the next chapters describe the development of applications for this task and method of communication between base station and nodes and thus a detailed analysis of the format string called TOSMSg, which is used for sending of gathered data or for sending commands from supervisory control system.

Obsah

Seznam použitého značení	8
1 Úvod.....	10
2 Bezdrátové průmyslové sítě	11
2.1 Bezdrátová průmyslová síť WiMAX.....	11
2.2 Bezdrátová průmyslová síť Bluetooth	13
2.3 Bezdrátová průmyslová síť ZigBee	14
2.4 Bezdrátová průmyslová síť WiFi.....	17
2.5 Bezdrátové USB	20
3 Popis použitého hardwaru pro ověření vybrané úlohy a pro ověření USB snímačů značky Phidgets	22
3.1 Popis hardwaru od firmy Crossbow MOTE	22
3.2 Snímače firmy Phidgets	25
3.2.1 Phidget Interfacekit 8/8/8	25
3.2.2 PhidgetRFID	27
4 Seznámení se s realizovanými laboratorními modely na katedře ATR	29
4.1 Průmyslová sběrnice RS485	29
4.2 Hierarchická struktura řízení	31
4.3 Senzorové nody s bezdrátovou komunikací pro monitorování procesů	34
4.4 Příklad ověření funkčnosti na vybrané úloze	36
4.5 Zhodnocení vlastností na vybrané úloze	37
4.6 Odstraňování některých nedostatků v aplikaci MOTEKom 2.1	39
4.7 Ověření funkčnosti na vybraném snímači Phidgets RFID	41
5 Navržené úlohy	43
5.1 Navržená úloha s využitím snímače Phidgets	43
5.1.1 Použitý hardware.....	46
5.1.2 Popis realizace úlohy s využitím snímače Phidgets	47
5.2 Návrh nové úlohy s využitím bezdrátových průmyslových sítí	48
5.3 Realizace navržené úlohy	50
5.3.1 Komunikace mezi bezdrátovými nody a nadřazenou aplikací	50
5.3.2 Popis příchozího řetězce.....	50
5.3.3 Popis odchozího řetězce.....	54
5.3.4 Vytváření aplikace	57
5.3.5 Ověření funkčnosti vytvořené aplikace	66

5.4 Navržená úloha	69
Závěr.....	73
Conclusion.....	74
Použitá literatura	75

Seznam použitého značení

A/D	Analog/Digital Converter – analogově číslicový převodník.
AES	Advanced Encryption Standard – pokročilé šifrování.
BD_ADDR	BlueTooth Device Address – 48bit adresa identifikující zařízení bluetooth.
BT	Bluetooth – bezdrátová technologie.
DSL	Digital Subscriber Line – digitální účastnická přípojka.
GHz	Gigahertz – jednotka frekvence.
FFD	Full Functional Device – plně funkční zařízení.
PC	Typ sériové sběrnice.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers – mezinárodní standardizační institut.
ILAN	Industrial Local Area Network – průmyslová místní síť.
kbit/s	Kilobit per second – jednotka rychlosti přenosu dat.
KB/s	Kilobyte per second – jednotka rychlosti přenosu dat.
LED	Light Emitting Diode – světelná dioda.
IPC	Industrial PC – průmyslové PC.
LAN	Local Area Network – místní síť.
LonWorks	Průmyslová komunikační síťová platforma.
MAC	Media Access Control – jedinečný identifikátor síťového zařízení.
MAN	Metropolitan Area Network – metropolitní síť.
Mbit/s	Megabit per sekund – jednotka rychlosti přenosu dat.
MHz	Megahertz – jednotka frekvence.
EM4102	Druh komunikačního protokolu.
ODBC	Open Database Connectivity - Rozhraní pro přístup k databázi.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing – ortogonální multiplex. s kmitočtovým dělením.
PAN	Osobní počítačové sítě, které si nekladou za cíl co nejvyšší přenosovou rychlost (ta u PAN typicky nepřekračuje jednotky Mbit/s), jako spíše odolnost proti rušení, nízkou spotřebu energie nebo snadnou konfigurovatelnost.
PAN ID	Personal Area Network Identification – identifikace osobní sítě.
PDA	Personal digital assistant – znamená osobní digitální pomocník nebo palmtop je to malý kapesní počítač, ovládaný obvykle dotykovou obrazovkou a perem.
PLC	Programmable Logic Controller – programovatelný logický automat.

RFID	Radio Frequency Identification – identifikace na rádiové frekvenci.
RS 485	Specifikace dvoudrátového poloduplexního multibodového sériového spoje.
SIG	Special Interest Group – organizace.
TDMA	Time Division Multiple Access – vícenásobný přístup s dělením času.
QoS	Quality of Service – označení kvalita služby
USB	Universal Serial Bus – univerzální sériová sběrnice.
UWB	Ultra - Wideband – bezdrátová platforma pro technologie krátkého dosahu.
Wi-Fi	Bezdrátová síť.
Wi-MAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access.
WLAN	Wireless Local Area Network – bezdrátová místní síť.
WUSB	Wireless Universal Serial Bus – bezdrátová univerzální sériová sběrnice.
ZigBee	Bezdrátová komunikační technologie vystavěná na standardu IEEE 802.15.4.

1 Úvod

Bezdrátové sítě se používají především ke spojení venkovských a odlehlých oblastí z důvodu nižších nákladů na jejich vybudování než u klasických (kabelových) sítí. Nabízejí tak proto služby obdobné těm co nabízejí sítě drátové. Bezdrátový přenos informace a bezdrátové sítě nejsou fenoménem poslední doby. Bezdrátové sítě existují již od roku 1992. K jejich velkému rozvoji dochází však v krátkém časovém odstupu za rozvojem mobilních telefonů. Součástí toho rozvoje se stal i průnik bezdrátových do oblasti automatizace. Propojení řídicí a měřicí techniky pomocí radiomodemů je známo již pár desítek let. Některé průmyslové sítě například LonWorks technologie podporují celou řadu přenosových médií a již v devadesátých letech je umožněn bezdrátový radiový přenos v decentralizovaném systému řízení budov. Dnes se již se setkáváme s mnoha bezdrátovými sítěmi, například WiFi, Bluetooth, Zigbee, WiMAX atd. Tyto sítě, které budu popisovat ve své práci, pracují na určených standardech. Dříve tyto standardy, takže většina síťových prvků musela být od stejného výrobce, aby se zajistila kompatibilita mezi jednotlivými prvky. Například bezdrátové sítě WiFi využívají více standardů, mezi které patří IEEE 802.11b a IEEE 802.11g atd. Standard IEEE 802.11a využívá 5GHz pásmo a není tedy ovlivněn zařízeními pracujícími v pásmu 2,4 GHz. Přenosová rychlost těchto sítí se pohybuje v rozmezí 1 až 54 Mbit/s. Mezi další méně známé technologie, které také budu popisovat ve své práci, patří standard ZigBee. Jedná se o bezdrátovou komunikační technologii, která je vystavěná na standardu IEEE 802.15.4. Zařízení pracující ve standardu ZigBee mohou pracovat v bez licenčních pásmech 858 MHz, 902 až 928 MHz, 2,4 GHz při přenosové rychlosti 20, 40 a 256 kbit/s. Další bezdrátovou technologií je například Bluetooth technologie. Je definována standardem IEEE 802.15.1 pracující v pásmu 2,4 GHz, jenž má za cíl sjednotit osobní a komunikační zařízení. Má za účel navázat spojení mezi dvěma a více zařízeními např. PDA (Personal digital assistant) a osobním počítačem, s dosahem pohybujícím se od 1 do 100 m. V závislosti od vývojové verze se také pohybují maximální přenosové rychlosti, které se pohybují okolo 720 kb/s a u verze Bluetooth 2.0 EDR rychlostí 2,1 Mbit/s. V práci budu popisovat realizované laboratorní modely na katedře ATŘ, ověřím jejich funkčnost a kriticky zhodnotím jejich nedostatky. Dále navrhnou variantní řešení nové úlohy, případně odstraním a vylepším stávající řešení v rámci řešení diplomové či dizertační práce některého ze studentů.

2 Bezdrátové průmyslové sítě

V prvním bodě popisují bezdrátové technologie, jejich vlastnosti, struktury a aplikační možnosti bezdrátových průmyslových sítí (Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, Wi-MAX). Bezdrátová síť je typ počítačové sítě, ve které je spojení mezi jednotlivými účastníky sítě uskutečňováno pomocí bezdrátové komunikace, nejčastěji elektromagnetických vln. Bezdrátové sítě se používají především ke spojení venkovských a odlehlých oblastí z důvodu nižších nákladů na jejich vybudování než u klasických (kabelových) sítí.

2.1 Bezdrátová průmyslová síť WiMAX

WiMAX je bezdrátová metropolitní síťová technologie založená na standardech normy IEEE 802.16-2004. Zkratka WiMAX znamená Worldwide Interoperability of Microwave Access tj. celosvětově kompatibilní mikrovlnný přístup. Byla vytvořena pro zajištění širokopásmového bezdrátového připojení typu DSL nebo T1 pro firmy a domácnosti. WiMAX je rovněž možno použít k propojení různých sítí, připojení podniků a hotspotů k vysokorychlostnímu internetu i jako páteřní technologii pro mobilní telefonní sítě. Bezdrátová technologie WiMAX je standardizovaný systém, který umožňuje jednoduché zavádění širokopásmových služeb s nízkými náklady. WiMAX přináší výkon umožňující poskytování kvalitních telekomunikačních služeb s vysokou propustností. Technologie WiMAX je navržena pro bezdrátový přenos na velké vzdálenosti, která je rychlá a cenově výhodná s provnáním dražším kabelovým řešením. Lze ji rovněž využít jako vykrývací technologii pro mobilní telefonní sítě. Hodí se také k propojení na dlouhé vzdálenosti nebo k pokrytí měst bez klasické nebo optické kabeláže. WiMAX také poskytuje řešení i pro širokopásmovou mobilitu, kdy se vytváří kompatibilní hardware s připravovaným standardem IEEE 802.16e pro notebooky a další přenosná zařízení. Toto poskytne uživatelům vysokorychlostní připojení k internetu i mimo dosah Wi-Fi hotspotů. WiMAX systémy jsou vysoce škálovatelné a konfigurovatelné. Existuje také WiMAX fórum což je nezisková organizace vytvořená společností Intel a předními výrobci komunikačních komponent a vybavení. Toto fórum má za úkol ověřovat kompatibilitu a vzájemnou spolupráci širokopásmových bezdrátových zařízení odpovídajících standardu IEEE 802.16. Standard 802.16 byl schválen 29. ledna 2003 a je to technologie bezdrátové metropolitní sítě (MAN), která slouží k propojení 802.11 hot spotů k Internetu nebo jako bezdrátové prodloužení kabelového a DSL připojení. Společnost Intel vyvíjí polovodiče pro širokopásmové připojení 802.16. První produkty, 802.16 čipy, byly představeny v polovině roku 2005.

Vlastnosti technologie WiMAX:

- Frekvence: 2 až 11 GHz (viz. Tab. 1).
- Dosah: až 50 kilometrů.
- Spektrální efektivita: až 5 bitů/sekundu/Hz.
- Datová průchodnost sektoru: až 70 Mb/s na jeden sektor.
- Kvalita služeb QoS: systém řízení kvality služeb je zabudován do MAC, umožňuje poskytování diferencovaných služeb, např. služby typu E1 pro podniky a DSL pro uživatele z obytných čtvrtí.

Výhody WiMAX technologie:

- Větší možnost volby při výběru širokopásmového přístupu.
- Dosah i mimo přímou viditelnost rozšiřuje pokrytí, takže se k vysokorychlostnímu bezdrátovému Internetu dostane více uživatelů.
- Uživatelé z bytových i firemních jednotek mimo dosah kabelových sítí mohou získat ekvivalentní širokopásmové připojení bez čekání.
- Kvalita služeb QoS je standardní vlastností 802.16, což z ní činí technologii telekomunikační kategorie, která je schopna přenášet data i hlas.
- Díky IEEE standardu nejsou poskytovatelé vázáni na jediného dodavatele – základnové stanice 802.16 spolupracují s CPE různých výrobců.
- Výrobci zařízení a komponent již dále nemusí vyvíjet každou jednotlivou část komunikačního řešení, ale mohou využít stavební prvky od výrobců polovodičů.

Tab. 1 Předpokládané pracovní frekvence pro Wi-MAX [notebook.cz, 2006]

Frekvence	Licencování
3,5 GHz	Licencované, mezinárodní pásmo
10,5 GHz	Licencované, mezinárodní pásmo (v CZ bezlicenční)
2,5 – 2,7 GHz	Licencované, USA, S. Amerika
2,4 GHz	Nelicencované, mezinárodní
5,725 – 5,825 GHz	Nelicencované, mezinárodní

2.2 Bezdrátová průmyslová síť Bluetooth

Bluetooth je bezdrátová komunikační technologie definovaná standardem IEEE 802.15.1, sloužící k bezdrátovému propojení mezi dvěma a více elektronickými zařízeními, jakými jsou například mobilní telefon, PDA, osobní počítač nebo náhlavní souprava. Název Bluetooth vznikl z anglického jména dánského krále Haralda Modrozubého – Harald Bluetooth, který vládl v 10. století. Tato technologie spadá do kategorie PAN (Personal Area Network) osobních počítačových sítí. Bluetooth technologie se vyskytuje v několika vývojových verzích. V roce 2006 byla nejpoužívanější verze 1.2. Mezi poslední vzniklé verze Bluetooth patří verze 2.0 EDR (Enhanced Data-Rate), která sebou přinesla novou modulační techniku $\pi/4$ -DQPSK. Tato verze zvyšuje datovou propustnost na trojnásobnou hodnotu oproti Bluetooth 1.2 na rychlost 2,1 Mbit/s. S kratším navázáním spojení a samotným přenosem dat souvisí také delší výdrž baterie, než u používaných starších verzí bluetooth. Bluetooth technologie pracuje v ISM pásmu 2,4 GHz (stejném jako u Wi-Fi). Pro přenos využívá metody FHSS, kdy během jedné sekundy je provedeno 1600 skoků (přeladění) mezi 79 frekvencemi s rozestupem 1 MHz. Toto mělo zvýšit odolnost proti rušení na stejné frekvenci. Pro bluetooth technologii je definováno několik výkonových úrovní (2,5 mW, 10 mW, 100 mW), které umožňují komunikační vzdálenost do cca 10 – 100 metrů. Přenosová rychlost bluetooth se pohybuje okolo 720 kbit/s (90 KB/s). Umožňuje vytvořit symetrický i asymetrický datový spoj. Jednotlivá zařízení jsou identifikována pomocí své adresy BD_ADDR (BlueTooth Device Address), podobné jako je MAC adresa u Ethernetu. V síti bluetooth může být propojeno celkově 8 zařízení, z nichž jedno je jako řídící tzv. master a ostatní jako podřízené tzv. slave. Organizace Bluetooth SIG (Special Interest Group), která se zabývá vývojem technologie Bluetooth od roku 1998, nyní pracuje na dvou nových standardech, které umožní rychlejší přenos dat a také snížení energetické náročnosti. Zejména nízká energetická náročnost, která by měla být podle výkonného ředitele Bluetooth SIG dosažena koncem roku 2009 umožní technologii Bluetooth použít na zařízeních, která vyžadují méně energie než mobilní telefony a osobní počítače, jako jsou třeba náramkové hodinky a monitor srdečního tepu. „Výrobci náramkových hodinek jsou z nových standardů Bluetooth velmi nadšení. Místo hodinek totiž lidé čím dál tím více používají mobilní telefony. Nyní však bude možné využít mobilní platformu, která synchronizuje telefon s hodinkami. Takže například když vám bude někdo volat, zobrazí se jeho jméno na displeji hodinek“, popisuje výkonný ředitel Bluetooth SIG. Další výhodou nového standardu má být zvýšení rychlosti přenosu dat. Podle Bluetooth SIG bude možné dosáhnout

rychlosti až 100 MB za sekundu, díky kterému by mělo být možné streamovat video přímo z digitální videokamery na televizní obrazovku, či rychleji přenášet data z mobilních telefonů a fotoaparátů na pevný disk počítače. [Samuraj, 2007]

Bluetooth – výhody:

- Přenosy tohoto typu jsou stabilní, není třeba, aby byla zařízení v nějaké konkrétní pozici.
- Přístroj můžete nabíjet i během přenosu BT. Instalace bývá jednoduchá a pořizovací náklady poměrně nízké.

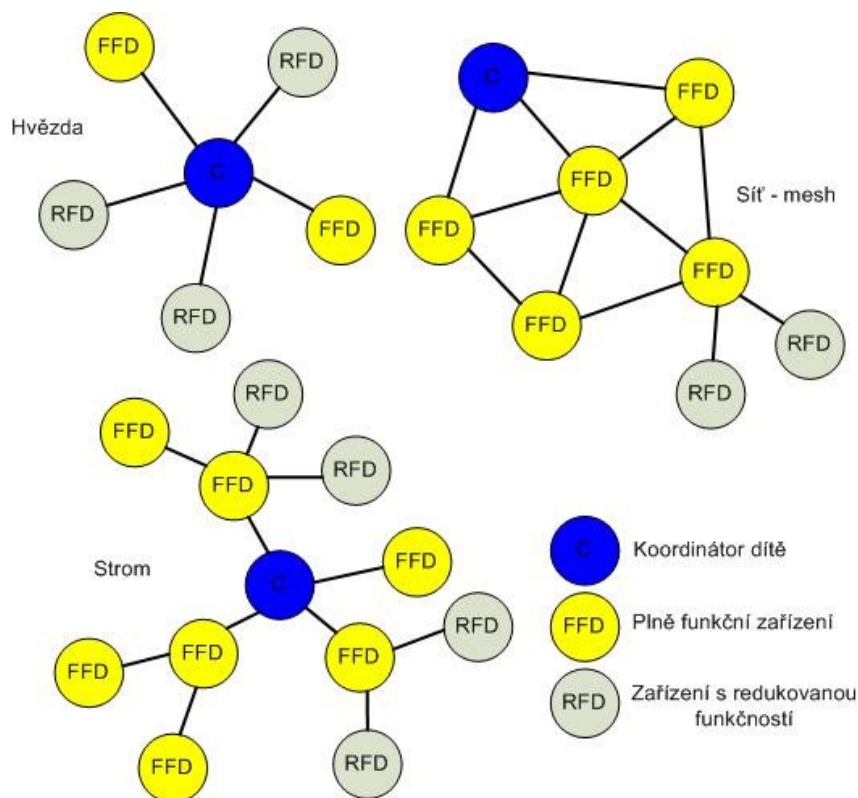
2.3 Bezdrátová průmyslová síť ZigBee

ZigBee je bezdrátová komunikační technologie vystavěná na standardu IEEE 802.15.4. Tento standard je poměrně novým standardem, který je platný od listopadu roku 2004. Podobně jako Bluetooth je určena pro spojení nízko výkonových zařízení v sítích PAN (Personal Area Network) na malé vzdálenosti do 75 metrů. Díky použití multiskokového ad-hoc směrování umožňuje komunikaci i na větší vzdálenosti bez přímé radiové viditelnosti jednotlivých zařízení. Primární určení směřuje do aplikací v průmyslu a senzorových sítích. Byla založena ZigBee aliance za účelem vytvoření nového bezdrátového komunikačního standardu vhodného i pro účely průmyslové automatizace. V současné době se na vývoji a rozvoji tohoto standardu podílí desítky firem a mezi nimi jsou i přední světové firmy z oboru automatizace (Honeywell, Motorola, Philips, Samsung, Omron, ABB, Siemens). Jeho hlavní doménou jsou aplikace s bateriovým napájením, kde při výrazně nižší spotřebě energie poskytuje výrazně delší dosah komunikace v porovnání s technologií Bluetooth. Nižší přenosová rychlost poskytuje vyšší odolnost proti rušení, což ZigBee předurčuje pro využití v průmyslu, například pro řízení budov - řízení vstupu, osvětlení, klimatizace, rolet apod., automatizace & MaR - bezdrátová komunikace senzorů, řízení motorů a regulátorů, zdravotní péče - monitorování pacienta atd.

Bylo pro něj definováno několik rádiových pásem, aby byl akceptovatelný v různých zemích s odlišnými předpisy a kritérii. Základním problémem při definici rádiových pásem jsou především rozdíly v organizaci rádiových pásem v Americe a na evropském kontinentě. Aby se mohl standard uplatnit v obou těchto lokalitách, jsou pro něj definována tři rádiová pásma:

- Globální použití: pásmo ISM 2,4 GHz s 16 kanály a přenosovou rychlostí 250 kbit/s;
- Amerika a Austrálie: pásmo 915 MHz s 10 kanály a přenosovou rychlostí 40 kbit/s;

Evropa: pásmo 868 MHz s jedním kanálem a přenosovou rychlostí 20 kbit/s. Standard ZigBee založený na fyzické a linkové vrstvě IEEE 802.15.4 definuje tři typy síťové topologie (Obr. 1). Základní je topologie typu hvězda (star topology), v níž je vždy definováno jedno zařízení, které přebírá funkci koordinátora sítě, a ostatní zařízení působí ve funkci koncových zařízení. V topologii typu strom (tree topology) slouží jedno zařízení jako koordinátor a ostatní jako koncová zařízení. Na rozdíl od topologie hvězda však nemusí všechna zařízení komunikovat přímo s koordinátorem, ale mohou využít jiné koncové zařízení v konfiguraci FFD ve funkci směrovače jako prostředníka. Díky tomu umožňuje uvedená konfigurace zvětšit vzdálenosti mezi koncovým zařízením a koordinátorem. Poslední definovanou topologií je topologie typu síť (mesh topology), která kombinuje vlastnosti topologií strom a hvězda (tzv. hybridní topologii strom a hvězda). Síťová topologie přináší největší funkčnost, protože umožňuje sestavit síť libovolným způsobem.



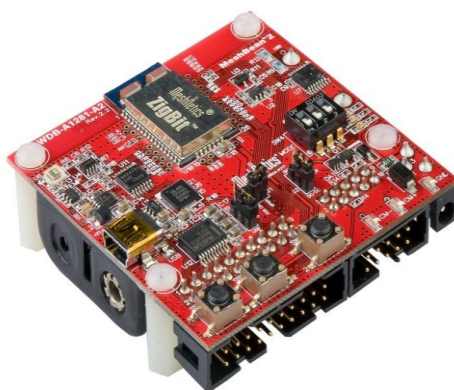
Obr. 1 - Příklady topologií realizovatelné standardem ZigBee [Balšánek M., 2007]

Lokální adresa zkráceného adresovacího kódu umožňuje v jedné síti adresovat maximálně 65535 zařízení. Každá sestavená síť je dále identifikována 16bitovým identifikátorem PAN ID, který slouží pro rozlišení překrývajících se sítí. Každou síť s unikátním PAN ID zakládá a spravuje koordinátor (centrální stanice), přičemž ostatní stanice pracují v módu koncové stanice. Každá koncová stanice může být konfigurována pro funkci směrovače nebo

koncového zařízení. Jako základní zabezpečení ZigBee se používá AES (*Advanced Encryption Standard*) s klíčem o délce 128 bitů, jež je implementován v síťové vrstvě. Pokud je požadováno i zabezpečení *MAC Command Frame*, *Beacon Frame* a *Acknowledgement Frame* je realizováno již v MAC vrstvě pomocí AES. Díky tomu je možné ověřit autenticitu a integritu MAC rámce a zajistit jeho důvěrnost. [KOTON, J.; ČÍKA, P.; KŘIVÁNEK, V; 2007]

Synchronizace jednotlivých zařízení v síti ZigBee, koncových zařízení s koordinátorem sítě je realizována na základě takzvaného rámce beacon. Synchronizační autoritou je zde koordinátor sítě, který v daných okamžicích vysílá synchronizační sekvence, neboli beacon. Sekvence přijímají ostatní zařízení a synchronizují se podle nich s vysílací stranou, tedy s koordinátorem. Tento postup umožňuje koncová zařízení na dlouhou, předem definovanou dobu „uspat“, a značně tak snížit jejich spotřebu. Interval synchronizačních sekvencí může být nastaven v rozmezí 15 ms až přibližně 15 minut.

Pokud síť funguje bez sekvencí beacon, dotazují se jednotlivá zařízení periodicky koordinátora. V zásadě je možné použít několik odlišných přístupů ke konstrukci vysílací a přijímací antény vysokofrekvenčního obvodu. Anténu lze realizovat jako čipovou, leptanou nebo externí – připojenou přes konektor SMA, jako například na testovací desce (viz. Obr. 2) [Bradáč Z., 2005].



Obr. 2 - Testovací deska ZigBee MeshBean - A2

2.4 Bezdrátová průmyslová síť WiFi

Wifi je standardem pro lokální bezdrátové sítě (WLAN, Wireless Local Area Network), které existují již od roku 1992. Wifi sítě pracují na novém standardu IEEE 802.11, který umožňuje dosahovat vyšší provozní rychlosti, než starší standardy. Původním úkolem WiFi bylo vzájemné bezdrátové propojení mobilních zařízení, a propojení do firemní sítě LAN (Local Area Network). Později začala být také využívána pro bezdrátové připojení k internetu. Bezdrátová síť WiFi na standardu IEEE 802.11 pracuje ve frekvenčním pásmu 2,4 – 2,4835 GHz (viz. Tab. 2). Zjednodušeně řečeno v pásmu 2,4 GHz. Toto pásmo se také často označuje jako ISM pásmo, tedy Industrial, Scientific, Medical. V tomto nelicencovaném pásmu, pracuje mnoho bezdrátových zařízení například mikrovlnné trouby, bluetooth zařízení i některé bezdrátové telefony v zahraničí. Proto se kromě pásma 2,4 GHz vyhrazuje také pásmo s frekvencí 5 GHz. To používá zatím technologie 802.11a, která je v Evropě zakázána a jeho nástupce označovaný jako 802.11h, který vyhovuje posledním předpisům. Frekvenční rozsahy se liší v každé zemi, proto uvádím tabulku povolených radiových frekvencí pro WiFi v pásmu 2,4 GHz pro některé země.

Tab. 2 Povolené radiové frekvence pro WiFi v pásmu 2,4 GHz

Region	Frekvenční rozsah v GHz	Počet kanálů
USA	2,4000 - 2,4835	79
Evropa	2,4000 - 2,4835	79
Francie	2,4465 - 2,4835	27
Španělsko	2,445 - 2,475	35
Japonsko	2,471 - 2,497	23

Standard 802.11 vznikl v roce 1997 a definoval bezdrátovou síť v pásmu 2,4 GHz a o rychlostech 1 nebo 2 MHz. S neustále zvyšujícími se nároky začali vznikat v tomto standardu pracovní podskupiny. Tyto skupiny jsou označovány písmeny, která se přidávají za číslo standardu 802.11. Přehled některých standardů je uveden v tabulce. (viz. Tab. 3)

802.11a - WLAN v pásmu 5 GHz a s rychlostí až 54 Mbit/s.

802.11b - WLAN v pásmu 2,4 GHz a s rychlostí až 11 Mbit/s.

802.11c - definice procedur pro síťové mosty, bridge. Ve skutečnosti to s WLAN má jen málo společného, jde ale o užitečný standard pro přístupové body.

- 802.11d** - Mezinárodní harmonizace. Se vznikem standardu 802.11 se ukázalo, že je potřeba mezinárodní kooperace a harmonizace. Zejména pásmo 5 GHz se používá v mnoha státech různě a bylo třeba tomu standardizaci přizpůsobit tak, aby nevycházela vstříc pouze potřebám USA a Japonska. To měla za úkol tato pracovní skupina.
- 802.11e** - rozšíření MAC pro QoS. Zkratka QoS označuje službu Quality of Service zajišťující vyrovnanou kvalitu služby důležitou například pro multimédia. Zjednodušeně řečeno je potřeba, aby (když někdo v bezdrátové síti telefonuje nebo pořádá videokonferenci) trvalý tok jeho dat měl přednost před lidmi, kteří například jen stahují poštu a chvilkový výpadek naprosto nepoznají, zatímco v hlasu nebo videu by byl hodně poznat.
- 802.11f** - Inter Access Point Protocol (IAPP) - Stávající specifikace 802.11 nezahrnují standardizaci komunikace mezi jednotlivými přístupovými body pro zajištění bezproblémového roamingu, tedy přechodu uživatele od jednoho přístupového bodu k druhému. V současné době tak produkty různých výrobců nejsou schopny spolu o roamingu bezproblémově komunikovat a při výstavbě větších sítí, kde se roaming předpokládá, je nutno používat přístupové body jednoho výrobce s jejich proprietárním řešením, nebo celou záležitost řešit úplně mimo přístupové body.
- 802.11g** - zvýšení rychlosti v pásmu 2,4 GHz na 20 Mbit/s se zpětnou kompatibilitou s 802.11b.
- 802.11h** - změny v řízení přístupu k spektru 5GHz, které by měly reflektovat připomínky regulátorů evropských zemí tak, aby bylo možno sítě v pásmu 5 GHz využívat i mimo budovy.
- 802.11i** - zlepšení bezpečnosti v 802.11 bezdrátových sítích vylepšením autentifikačního a šifrovacího algoritmu. Velmi důležité a schváleno v červnu 2004.
- 802.11j** - práce na alokaci nových frekvenčních rozsahů pro multimediální služby bezdrátových sítí. Jde o vysoké frekvence a ještě chvíli potrvá, než uvidíme první výrobky.
- 802.11k** - tento projekt má definovat měření a zprávu radiových zdrojů tak, aby vyhovoval novým vysokofrekvenčním radiovým sítím. Vlastně pokračování práce 802.11j.
- 802.11s** - mesh standard pro samoorganizující se WiFi sítě.

Tab. 3 Přehled některých standardů IEEE 802.11 s pásmem a maximální rychlostí

Standard	Pásmo[GHz]	Maximální rychlost [Mbit/s]
původní IEEE 802.11	2,4	2
IEEE 802.11a	5	54
IEEE 802.11b	2,4	11
IEEE 802.11g	2,4	54
IEEE802.11n	2,4 nebo 5	600

2.5 Bezdrátové USB

Bezdrátové USB (Wireless USB) je technologie, která umožňuje spojení zařízení, které obsahuje rozhraní USB bez použití drátů a přitom parametry přenosu jsou shodné s rychlostmi standardního USB verze 2.0. Přenos dat nejvíce závisí na vzdálenosti komunikačních zařízení. Datový tok by při vzdálenosti 3 metry měl dosahovat hodnoty 480 Mbit/s a při vzdálenosti 10 metrů hodnoty 110 Mbit/s. Pro komunikaci se používá pásmo s volným spektrem od 3,1 GHz do 10,6 GHz. Tyto frekvence se liší podle závislosti na regionu a jeho legislativě. Tato technologie a samotný přenos je postavena na bezdrátové platformě UWB, jejímž autorem je aliance WiMedia. Je to stejná technologie, na které, jsou postaveny i jiné standardy pro bezdrátový přenos dat například: Bluetooth, ZigBee aj. Na použití správného značení Wireless USB celým názvem Certified USB a propagaci samotného USB rozhraní dohlíží nezisková společnost tzv. USB Implementers Forum. Toto značení je potřeba dodržovat, protože mnoho výrobků světových firem nese podobná označení, která ovšem nezaručují technologii a kvalitu. WiMedia je standard, který je certifikovaný normou ISO pro vysokorychlostní, širokopásmovou, rádiovou konektivitu. WiMedia aliance v sobě sdružuje více než 200 mezinárodních společností a výzkumných institutů, které vyvíjejí specifikace, certifikační testy a výukové programy.

WUSB se bude používat v zařízeních, která jsou nyní připojena přes obyčejné USB kabel, jako například: tiskárny, skenery, digitální fotoaparáty, MP3 přehrávače, herní ovladače, externí výměnná úložiště, přenos digitálních médií, bezdrátové displeje a obrazovky atd. Architektura WUSB umožňuje propojit až 127 zařízení k hostujícímu zařízení. Stejně jako obyčejné USB nabízí Wireless USB jen jednoduchý model komunikace, kdy jeden z bodů funguje jako host a druhý jako hostitel, který vždy řídí celou komunikaci a host pouze odpovídá na požadavky. V praxi to znamená, že hostitelem je počítač a hostem periférie. Přejít od obyčejného USB na Wireless USB bude po stránce ovladačů velice jednoduchý, protože tyto ovladače se nebudou vůbec měnit, liší se pouze fyzickým přenosem. V praxi to znamená, že systém nepozná, zda je připojena klasická drátová myš USB, nebo myš s Wireless USB. Samozřejmě připraveny jsou i čipy, které se stanou standardní součástí zařízení.

Funguje to tak, že komunikace mezi hostitelem (Host) a zařízením (Device) probíhá různými rychlostmi (80, 160, 320, 400, 480 Mb/s) v závislosti na vzdálenosti mezi nimi a automaticky se přepíná podle úrovně signálu. Pro samotnou komunikaci se potom využívá ultraširokopásmové modulace OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex),

kteře specifikovala aliance MBOA – MultiBand OFDM Alliance. V podstatě jde o využití 7,5 GHz širokého pásma, které je rozdělené po 528 MHz do úseků. Od počáteční frekvence 3,1 GHz až do koncové frekvence 10,6 GHz.

Modulace ODFM spočívá v použití několika stovek až tisíců nosných kmitočtů, které jsou dále podle potřeby modulovány různě robustními modulacemi QPSK, 16QAM nebo 64QAM. Jednotlivé nosné modulace jsou vzájemně ortogonální. To znamená, maximum každé nosné modulace by se mělo překrývat s minimy ostatních. Datový tok celého kanálu se tak dělí na stovky dílčích jednotlivých datových toků. Jelikož jdou ve výsledku toky malé, je možné vkládat ochranný interval – čas, kdy se nevysílá žádná nová informace. Na přijímací straně je tak možné nerušeně přijmout (právě) vysílaný symbol, který zrovna přichází k přijímači více cestami s různým zpožděním, to znamená, že stejný symbol přijatý vícekrát s různým zpožděním tak může odpovídat i více vysílačům, takže přijímané výkonové úrovně více vysílačů, resp. odrazů se tak na přijímací straně do jisté míry sčítají. U WUSB je podobná struktura TDMA (časového rámce) přenosu dat jako u drátového USB, která obsahuje tři pakety – handshake (předat), token (převzít) a data, u WUSB však pakety nejsou odděleny, ale jsou sdruženy do jednoho, který určuje, zda má zařízení „poslouchat“ nebo „vysílat“ případně předat/převzít řízení. Přenos dat je zabezpečen pomocí šifrování AES – 128/CCM, je zde také možná autentizace zařízení pomocí předsdíleného klíče, jde o podobné zabezpečení, jako je např. WAP ve WiFi. Zařízení revize 1.0 by měly odebírat 300 mW z výkonu a následující revize by měly mít 100 mW. Velkou výhodou Wireless USB, která skýtá velký potenciál i přesto, že produktů s tímto rozhraním je na trhu pomálu, je že umožňuje velmi rychlé přenosové rychlosti. Nevýhodou však je poměrně malý dosah, i když menší dosah znamená menší možnost "odposlouchávání" datového provozu např. mezi externím úložištěm a PC majitele [hw.cz, 2007].

3 Popis použitého hardwaru pro ověření vybrané úlohy a pro ověření USB snímačů značky Phidgets

V následujících kapitolách blíže popisují hardware od firmy Crossbow MOTE, který jsem využíval například pro ověření vybrané úlohy senzorových nodů s bezdrátovou komunikací pro monitorování procesů.

3.1 Popis hardwaru od firmy Crossbow MOTE

Jak bude popsáno v dalších kapitolách, v úloze se senzorovými nody s bezdrátovou komunikací pro monitorování procesů se používali bezdrátové moduly od firmy CrossBow Mote. Jedná MICAz (viz. Obr. 3) a další símače. Také uvádím některé parametry tohoto modulu (viz. Tab. 4), stručný popis a také jejich obrázky.

Tab. 4 Parametry bezdrátového modulu MICAz

Bezdrátový modul	Platforma MPR2400CA	Doplňkové informace
Flash paměť	128 kB	
Konfigurační EEPROM	4 kB	
Sériová komunikace	UART	
A/D převodník	10bit	8 kanálů, rozsah 0-3 V
Spotřeba	8 mA	Aktivní mód
	< 15 μ A	Spací režim
Frekvence vysílače	2400 MHz až 2483,5MHz	
Přenosová rychlost	250 kb/s	
Výkon rádia	-24 až 0 dBm	
Venkovní dosah	75 - 100 m	
Vnitřní dosah	20 - 30 m	
Spotřeba při odesílání dat	27 mA	
Spotřeba při příjmu	19,7 mA	
Napájení	2x AA baterie	
	2,7 – 3,3 V externí napájení	

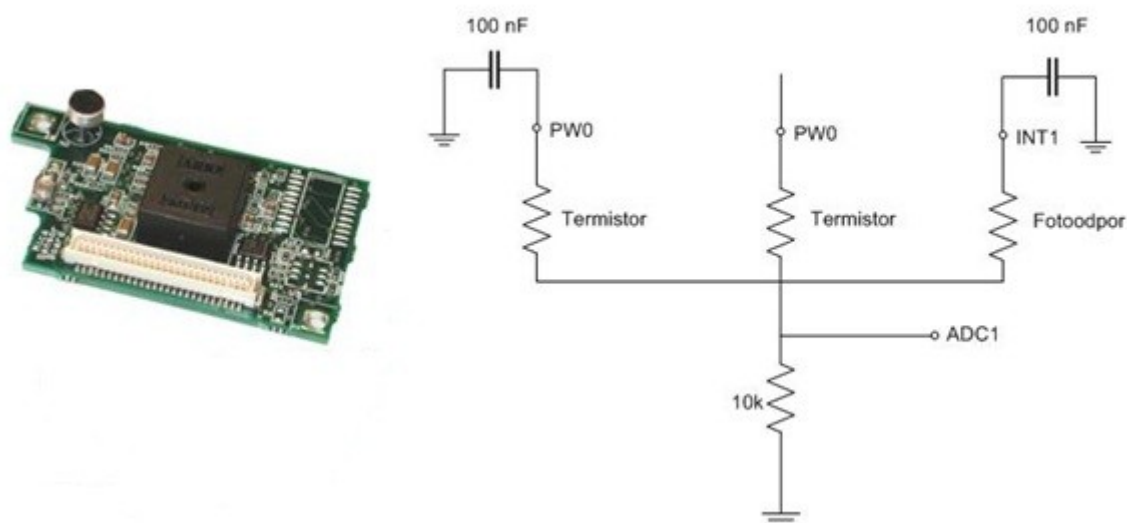


Obr. 3 - Bezdrátový modul MICAz

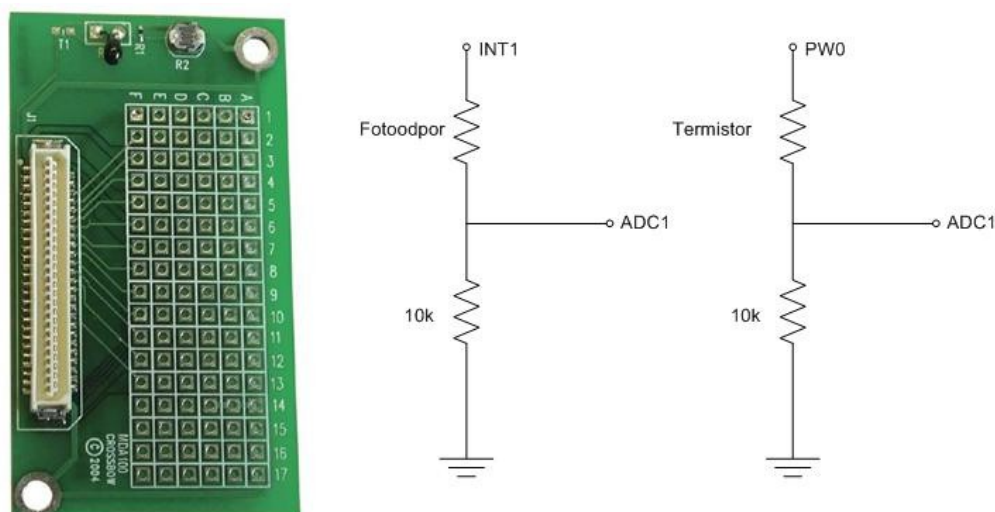
MICA2 Mote je třetí generací zařízení, umožňující bezdrátový sběr dat na frekvencích 868/916 MHz. Toto zařízení využívá platformu MPR400, založenou na procesoru Atmel ATmega128L. Procesor je možné programovat dle požadavků na funkci bezdrátové sensorové sítě a podporuje vzdálené programování. Bezdrátový modul MICA2 podporuje připojení všech sensorových desek Crossbow prostřednictvím 51pinového konektoru a podporuje programování prostřednictvím všech základních stanic (MIB510, MIB520 a MIB600).

Hlavním rozdílem mezi moduly MICA2 a MICAz je ve frekvenci rádia. Zatímco MICA2 používá ke komunikaci frekvenci 868/916 MHz, MICAz používá frekvenci 2,4 GHz. MICAz rovněž umožňuje připojení všech měřicích karet osazených 51pinovým konektorem.

Dále se používají sensorové desky řady MTS a MDA. Existuje několik různých druhů těchto desek, které se liší v množství použitých sensorů, v jejich typech a samozřejmě také cenou. Sensorové desky MTS (viz. Obr. 4) nabízejí programátorovi hotový produkt, který je po připojení k bezdrátovému modulu a jeho naprogramování možné ihned využívat k měření. Tato vlastnost, tedy připojení snímačů přímo výrobcem, se kterými není možné později manipulovat, vytváří základní rozdíl od měřicích karet řady MDA (viz. Obr. 5), které kromě několika sensorů, obsahují také svorkovnici nebo kontaktní pájivé pole vhodné pro připojení dalších snímačů, analogových a digitálních signálů nebo periférií.

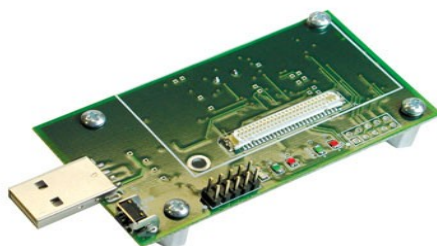


Obr. 4 - Senzorové desky MTS3xx a zapojení vybraných snímačů



Obr. 5 - Senzorové desky MDA100 a zapojení vybraných snímačů

Pro komunikaci s bezdrátovými moduly a sběr dat z těchto bezdrátových modulů se používají sběrné stanice. Ve vytvořené úloze se používá sběrná stanice typu MIB520, který lze připojit k počítači pomocí USB portu tohoto počítače.



Obr. 6 - Sběrná stanice MIB520

Taktéž se v práci používají snímače relativní vlhkosti Sensirion SHT71, termistory YSI 44006 a Panasonic ERT-J1VR103J a fotoodpor CdSe Clairex-CL94L [Crossbow, 2009].

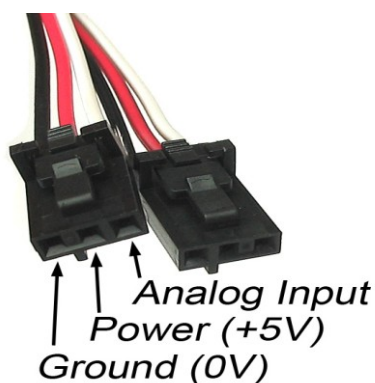
3.2 Snímače firmy Phidgets

Phidgets je soubor "plug and play" stavebních bloků pro nízkonákladové USB snímání a ovládání z počítače. O všechny náležitosti USB je postaráno v masivním API (rozhraní pro vytváření aplikací). Aplikace mohou být vytvářeny rychle programátoři, kteří mohou používat svůj oblíbený jazyk: C/C++, C#, Cocoa, Delphi, Flash AS3, Flex AS3, Java, LabVIEW, MATLAB, Max/MSP, MRS, Python, REALBasic, Visual Basic.NET, Visual Basic 6.0, Visual Basic for Applications, Visual Basic Script, and Visual C/C++/Borland.NET [Phidgets, 2010].

Všechny snímače phidgets se připojují k počítači pomocí USB. K počítači je možno připojit 127 USB zařízení (nebo více) a tak lze snadno připojit mnoho snímačů pro požadované projekty. Zařízení je možno připojit přímo k počítači pomocí USB nebo přes hub. Maximální délka kabelu mezi zařízením a PC je 4,572 m, když je mezi nimi jeden nebo více hubů. Phidgets zařízení podporují pomalejší rozhraní USB 1.1 i rychlejší rozhraní USB 2.0.

3.2.1 Phidget Interfacekit 8/8/8

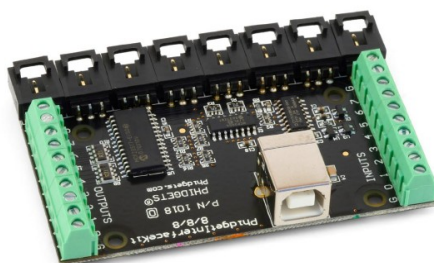
PhidgetInterfaceKit 8/8/8 je zařízení, které umožňuje připojit snímače do každého z 8 analogových vstupů a 8 číslicových vstupů. Má také 8 číslicových výstupů. Analogové vstupy jsou používány jako rozhraní pro mnoho druhů snímačů. Každý analogový vstup poskytuje napájecí napětí 5 V. Interfacekit umožňuje nepřetržité měření přes analogové vstupy a data posílá přímo do aplikace na PC. Každý analogový výstup používá tří pinový uzamykací konektor. Na kabelu pro připojení jsou vodiče barevně označeny. Napájecí napětí červený vodič, zem je černý vodič a signál ze snímače je bílý vodič (viz. Obr. 7).



Obr. 7 - Příklad spojovacího kabelu do analogového vstupu [Phidgets]

Maximální proud, na který jsou stavěny analogové vstupy, je 400 mA. Výsledek analogového měření je buď číslo 0 – 1000 (SensorValue), nebo dvanácti-bitové číslo 0 – 4095. Data se vzorkují deseti bitovým A/D převodníkem. Digitální výstupy (5 V) jsou vhodné například pro připojení LED diod jako kontrolky, nebo reléových spínačů.

Některé Phidgets snímače jsou označovány jako Ratiometric. Jsou to takové snímače, jejichž výstup se mění lineárně s různými úrovněmi napájecího napětí. Většina snímačů od phidgets jsou ratiometric snímače. Pro každý snímač je tato vlastnost uvedena v manuálu. Pokud snímač tuto vlastnost má, měla by být v nastavení interface v PC povolena, aby došlo k aktivování funkce pro nastavení A/D převodníku podle úrovně napájecího napětí. Základní parametry Phidget Interfacekitu 8/8/8 uvádím v tabulce (viz. Tab. 5)



Obr. 8 - Interfacekit pro připojení snímačů [Phidgets, 2009]

Tab. 5 Základní parametry Phidget Interfacekit 8/8/8

Analog.	Vstupní odpor	900 k Ω
	Analogový vstup 5 V Poměrná chyba	Max. 0,5 %
	Vstupní obnovovací frekvence	~65 vzorků / sekundu
Digital.	Výstupní odpor oddílu	300 Ω
	Vstupní zdvihadí odpor	15 k Ω
	Výstupní obnovovací frekvence	~125 vzorků / sekundu
	Vstupní obnovovací frekvence	~125 vzorků / sekundu
	Výstup – doporučené rozměry vodičů	16 – 26 AVG
	Vstup – doporučené rozměry vodičů	16 – 26 AVG
USB – výkonová proudová specifikace		Max. 500 mA
Klidový napájecí proud		13 mA
Přípustný externí proud (zdroj)		487 mA

3.2.2 PhidgetRFID

RFID systémy (radiofrekvenční identifikace) používají datové řetězce uložené uvnitř RFID značek (či imobilizéru), které by mohli jednoznačně identifikovat lidi či objekty, které by byly snímány RFID čtečkou.

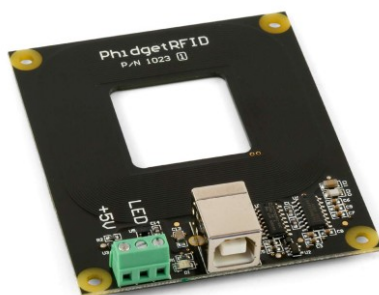
Tyto druhy systémů se dají nalézt v mnoha aplikacích, jako například při zabezpečení pasu, identifikaci zvířete, systému řízení zásob, a v bezpečnostních systémech. Aby RFID čtečka označována jako PhidgetRFID (viz. Obr. 9) komunikovala s RFID přívěskem, musí sdílet běžný protokol. Tento protokol vystupuje jako soubor norem, jak se mají bezdrátově přenášená data posílat mezi čtečkou a přívěskem. PhidgetRFID (stejně jako RFID značky prodávané firmou Phidgets) používají EM4102 protokol. Jiné přívěsky, které také používají EM4102 protokol mohou také používat PhidgetRFID.

RFID značky mohou být různých tvarů a velikostí, tak aby se hodily pro různé aplikace. Všechny RFID přívěsky prodávané firmou Phidgets mají záruku, že jsou jedinečné. Jsou dostupné buď jako:

- 30 mm disková značka (která může být všita do šatů, nebo napojena na objekty).
- Karty, které mají velikost jako kreditní karty (která se dá použít v bezpečnostních aplikacích na identifikaci).
- Klíčenka (která se snadno připevní na klíčky).

PhidgetRFID má čtyři výstupy – dva, které jsou k dispozici pro uživatele a dva které jsou jenom pro vnitřní kontrolu Phidget zprávy.

Výstup označovaný jako 0 je zdroj +5V z USB sběrnice. Výstup 1 je LED výstup.



Obr. 9 - PhidgetRFID [Phidgets, 2009]

Tato PhidgetRFID čtečka se připojuje k počítači přímo přes USB kabel. V tabulce uvádím některé parametry PhidgetRFID. (viz. Tab. 6)

Tab. 6 Základní parametry čtečky PhidgetRFID

Výstupní výkon antény	< 10 μ W
Rezonanční frekvence antény	125 kHz – 140 kHz
Komunikační protokol	EM4102
Rychlost čtení	30 aktualizací za sekundu
Vnější napájecí napětí	5 V (stejnoseměr.)
Typická čtecí vzdálenost - karta	11 cm
Typická čtecí vzdálenost – disková značka	6 cm
Typická čtecí vzdálenost - klíčenka	7 cm

4 Seznámení se s realizovanými laboratorními modely na katedře ATŘ

V této části práce popisují laboratorní modely na katedře ATŘ v laboratořích H 303 a H 310, jejich komunikaci s počítačem PC (USB, ILAN, WLAN) a úlohu vytvořenou v rámci disertační práce. Na vybraných úlohách vytvořených v rámci řešení diplomových a dizertačních prací jsem ověřil jejich funkčnost.

4.1 Průmyslová sběrnice RS485

První model, který jsem si vybral a byla ověřena jeho funkčnost je průmyslová sběrnice RS485. Tato úloha distribuovaného systému řízení v prostředí Control Web 2000 obsahuje sestavu tří fyzických modelů laboratorních úloh („Stejnoseměrný motor“, „Tlakovzdušná soustava“ a „Model výtahu“). Jednotlivé úlohy jsou samostatně řízeny mikropočítači, PLC a můžou pracovat samostatně i bez vizualizační aplikace. Zadávaní regulačních parametrů je v lokálním režimu realizováno pomocí klávesnice a displeje na příslušném řídicím počítači. Algoritmus regulace je implementován přímo na nejnižší úrovni (v jednotlivých řídicích mikropočítačích, PLC).

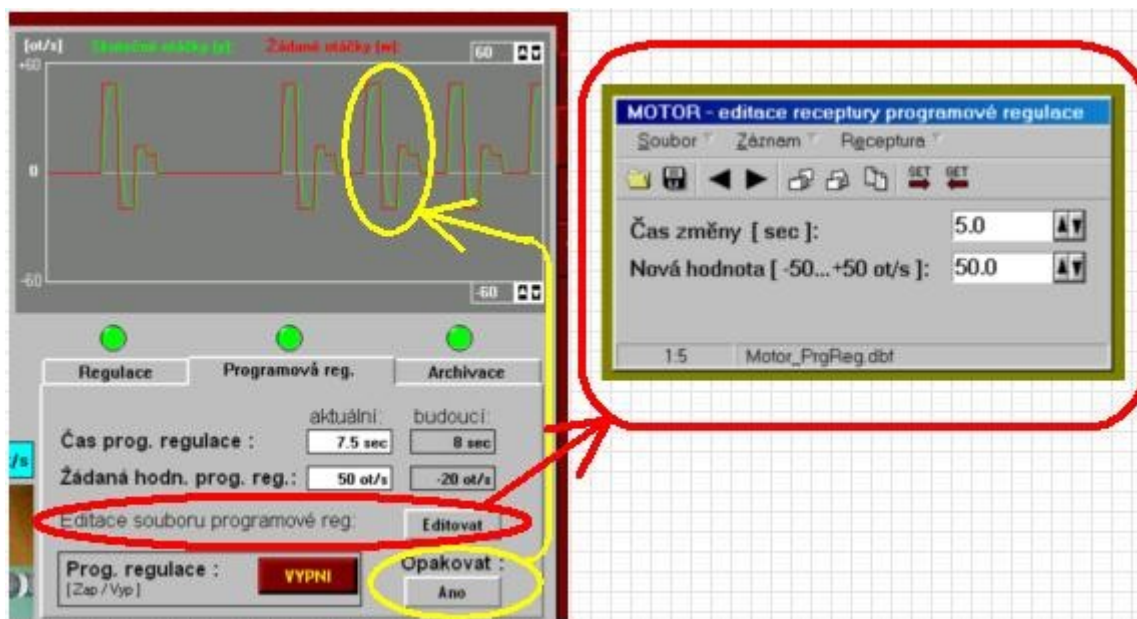
Panel vizualizace úlohy „Stejnoseměrný motor“ umožňuje, pokud je aktivní komunikace s úlohou sledovat průběh žádané a měřené hodnoty, modifikovat parametry regulace a ovládat běh motoru. Pomocí panelu se dá zkontrolovat funkčnost úlohy (tedy pokud byla navázána komunikace s vybranou úlohou anebo se nám ji nepodařilo navázat). Komunikaci s jednotlivými úlohami se zapíná pomocí tlačítek „připoj“ a odpojuje pomocí tlačítka „odpoj“. Jestliže se nám nepodaří navázat spojení se s úlohou, kterou chceme připojit, zobrazí se chybové hlášení v panelu červeně, (viz Obr. 10).



Obr. 10 - Hlášení o chybě komunikace s úlohou

V této úloze má uživatel pomocí záložky „REGULACE“ možnost nastavovat různé hodnoty. Například řízení pomocí regulace a ovládání, žádaná hodnota (w) nastavitelná v rozsahu -50 až +50 ot/s, zesílení regulátoru (k_R) nastavitelné v rozsahu 0,01 až 10, integrační časovou konstantu (T_I) nastavitelnou v rozsahu 0,001 až 1 s. Také je zde záložka „PROGRAMOVÁ

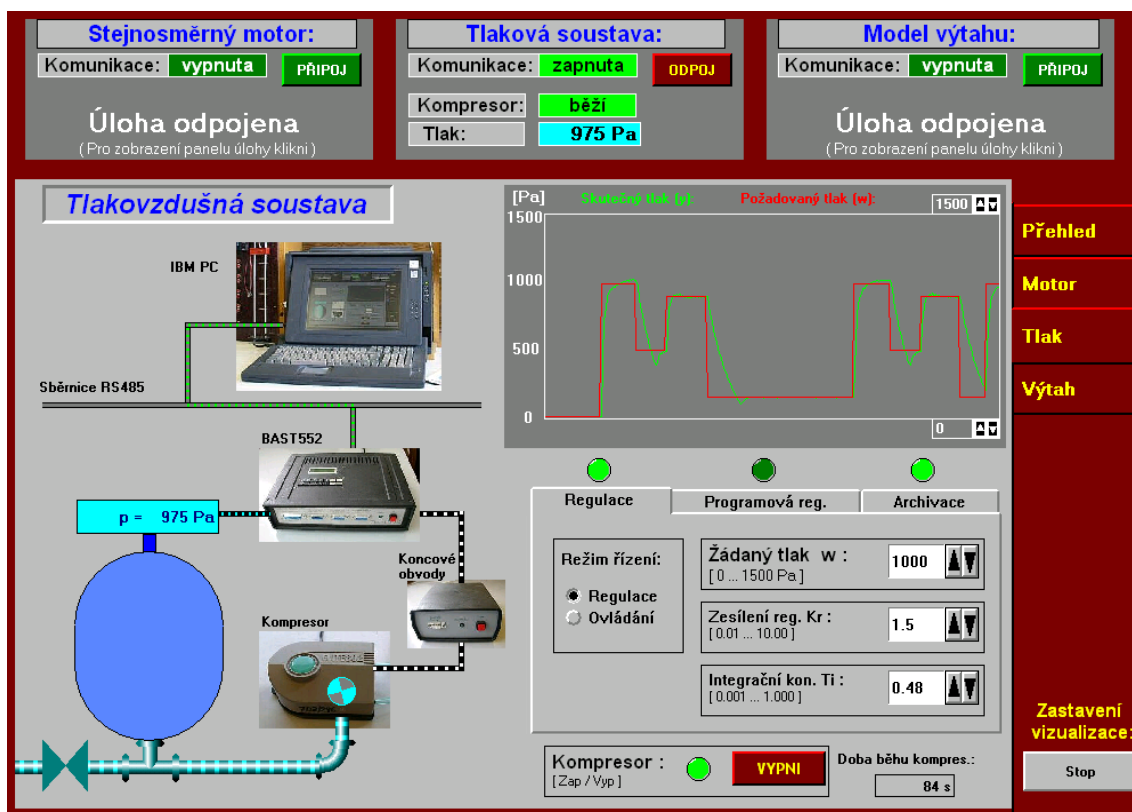
REGULACE.“ Principem programové regulace je nastavování hodnoty žádané veličiny v požadovaných časových okamžicích z předem připravené receptury. Vlastní hodnoty jsou uloženy v souboru formátu dBASE III (Motor_PrgReg.dbf). Zadávání a změnu těchto dat je možné provádět editorem záznamů, který je vyvolán tlačítkem „Editace souboru programové reg.“. Po spuštění programové regulace lze v příslušných zobrazovačích sledovat aktuálně nastavenou žádanou hodnotu a hodnotu, která bude nastavena v nejbližší naprogramované časové hodnotě, viz Obr. 11.



Obr. 11 - Programová regulace

Dále je zde záložka „ARCHIVACE“ pomocí, které je možno vytvářet soubor ve formátu dBASE III (*.dbf) a je možné ho importovat do běžně používaných programů pro zpracování dat (program EXCEL). Archivují se hodnoty žádané a měřené veličiny, vypočítaná regulační odchylka a čas od spuštění archivace.

Další úloha je „Tlakovzdušná soustava“ která umožňuje, pokud je aktivní komunikace sledovat průběh žádané a měřené hodnoty, modifikovat parametry regulace a ovládat běh kompresoru obrázku (viz. Obr. 12).



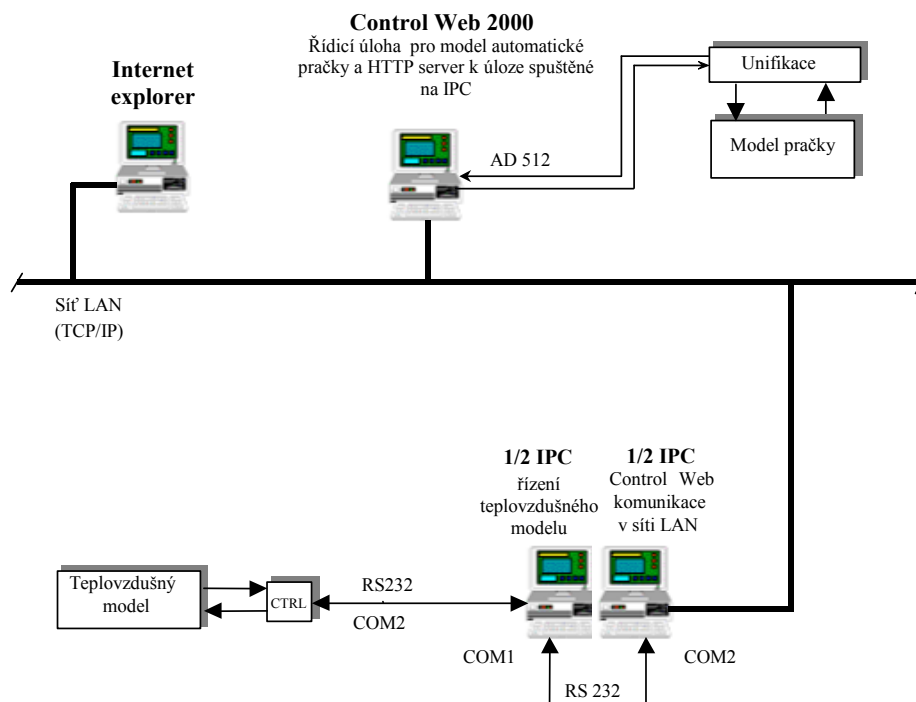
Obr. 12 - Vizualizace úlohy „Tlakovzdušná soustava“

Nachází se zde také záložka „REGULACE“, „PROGRAMOVÁ REGULACE“ a „ARCHIVACE“. Opět v záložce „REGULACE“ má uživatel možnost nastavovat různé hodnoty. Důležitým nastavením je volba způsobu řízení kompresoru: regulace a ovládání, také například nastavení žádaná hodnota (w) nastavitelná v rozsahu 0 až 1500 Pa, zesílení regulátoru (k_R) nastavitelné v rozsahu 0,01 až 10, integrační časovou konstantu (T_i) nastavitelnou v rozsahu 0,001 až 1 s, hodnota napětí pro nastavení kompresoru (u) v rozsahu 0 – 10 V. Záložky „PROGRAMOVÁ REGULACE“ a „ARCHIVACE“ jsou stejné jako u předchozí úlohy.

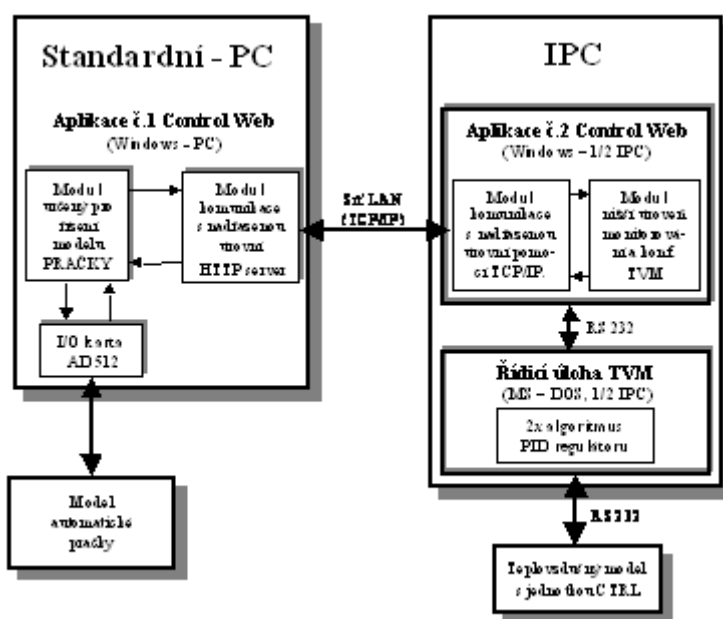
Model výtahu nekomunikoval s příslušným řídicím počítačem, z důvodu výměny staršího PLC za novější PLC. Tlačítka umístěné přímo na fyzickém modelu však fungují.

4.2 Hierarchická struktura řízení

Druhý laboratorní model pochází z laboratoře H303. Jedná se o laboratorní model, který se skládá ze dvou úloh a to (tepl vzdušný model a model automatické pračky). Každá úloha může pracovat samostatně. Blokové schéma zapojení úlohy je zobrazeno na obrázku (viz. Obr. 13).



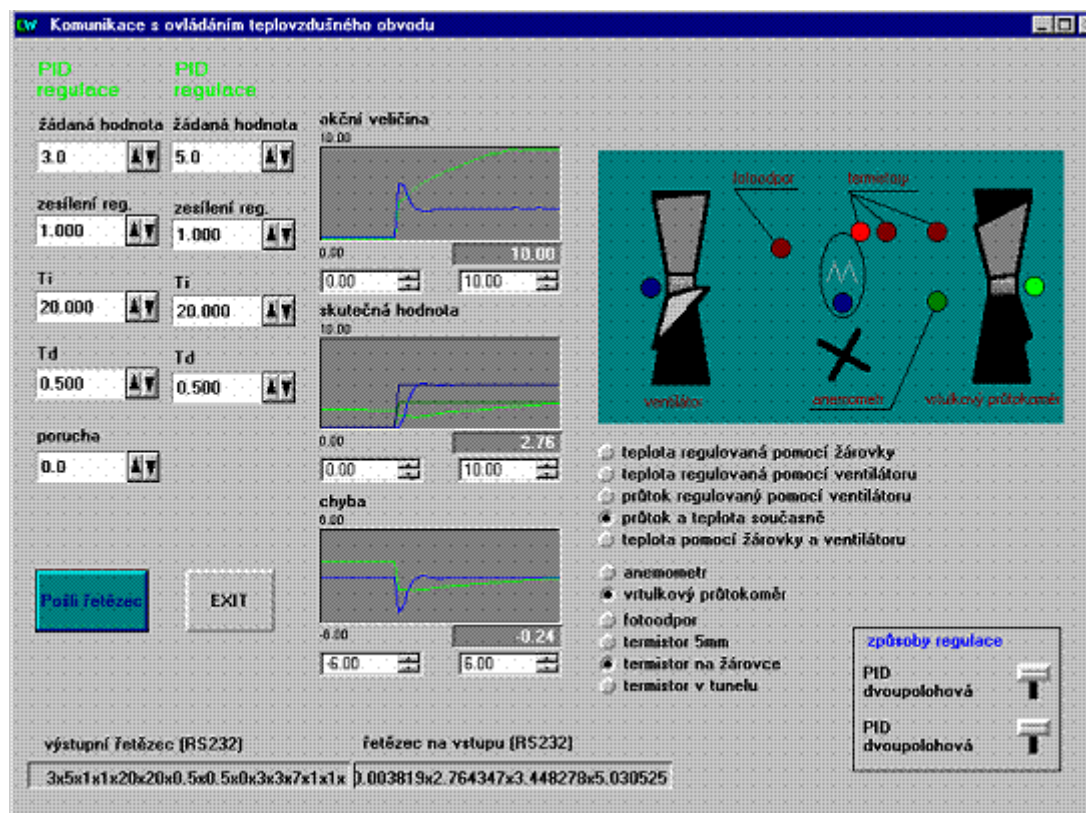
Obr. 13 - Blokové schéma zapojení technických prostředků úlohy



Obr. 14 - Logická struktura modulů úlohy systém Control Web 2000

Na obrázku (viz. Obr. 14) je patrná programová realizace úlohy. Řízení a ovládání teplovzdušného obvodu je možno provádět ve třech resp. čtyřech úrovních. Na nejnižší úrovni je program „regul“ vytvořen v jazyce C, pracující na platformě MS DOS. Na nejnižší úrovni řízení je použito samostatné IPC DataLab PC/LCD. Ten řídí prostřednictvím jednotky Datalab I/O teplovzdušný model. Komunikace mezi první a druhou úrovní řízení je zajištěna

přes RS232. Na druhé úrovni řízení je použit DataLab PC. Na toto IPC se lze dostat přes datovou síť a „Vzdálenou plochu PC“. IP adresa IPC je „158.196.152.36“. Třetí úroveň řízení je standardní PC s aplikací v systému Control Web 2000. Ke třetí úrovni řízení je připojena jednotka USB-4711/A, ta umožňuje řídit a monitorovat samostatnou úlohu „Automatické pračky“ z prostředí Control Web 5.

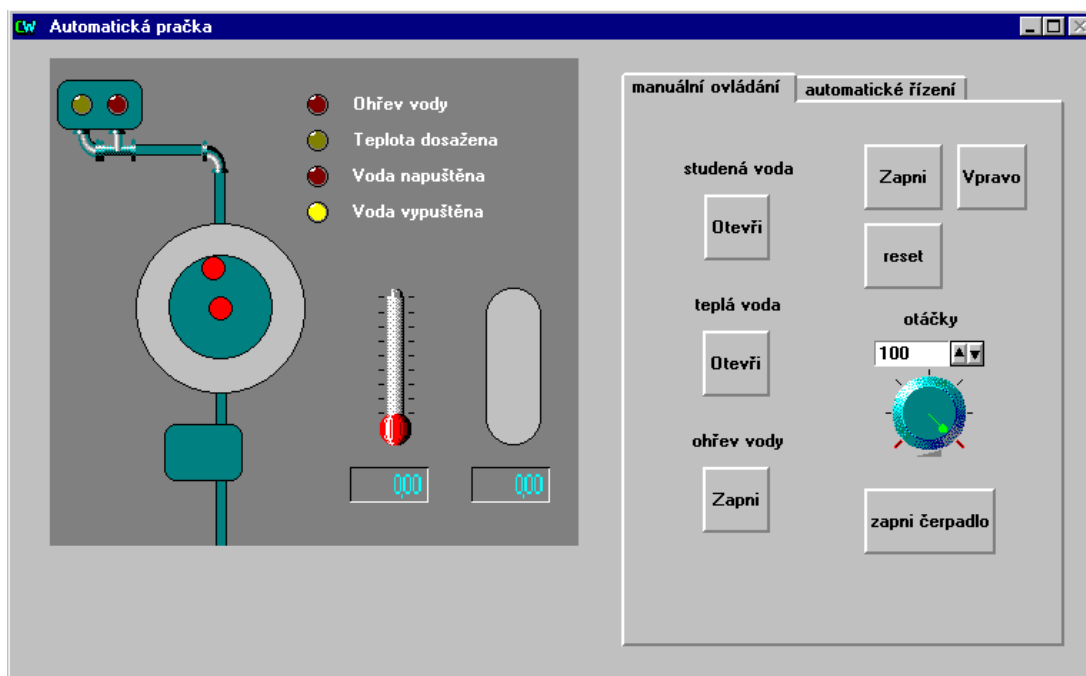


Obr. 15 - Vzhled okna modulu „Comweb1“ v systému Control Web 2000

Model automatické pračky je řízen pomocí vstupů – napouštění teplé a studené vody, ohřev a zároveň vypouštění vody. Buben pračky (krokový motorek) je řízen pomocí čtyř signálů. Pomocí spínání 40 cívek je řízeno otáčení bubnu. Výslednou teplotu vody neovlivní napouštění teplé nebo studené vody. Kontrolka, která zobrazuje dosažení žádané hodnoty (teploty) se rozsvítí teprve, pokud je dosažena teplota, která se ručně nastaví na potenciometru. V panelu vizualizace úlohy automatická pračka lze přepínat mezi manuálním ovládáním, automatickým řízením (viz Obr. 16) nebo také zvolit jeden ze třech programů praní-jednoduché praní, běžné praní nebo důkladné praní.

U tohoto laboratorního modelu šly data ukládat pouze po jedné minutě. V případě, že chceme archivovat data delší, než 60 s. dojde k vytvoření dalšího souboru. Pokud chceme např. vykreslit průběh, který je tvořen časovým úsekem delším, jak jedna minuta musíme spojit dva datové soubory v programu Excel což je velmi nepraktické. Uživatel by měl mít

na výběr mezi dobou ukládání nebo by měl mít neomezenou dobu ukládání a pomocí tlačítka neukládat trendy by se ukládání do souboru automaticky zrušilo. V budoucnu by nebylo špatné vizualizovat tuto úlohu v 3D v novější verzi softwaru tedy v programu ControlWeb 5. To by mělo za následek také další investici do hardwaru pro tuto úlohu [352lab.vsb.cz].

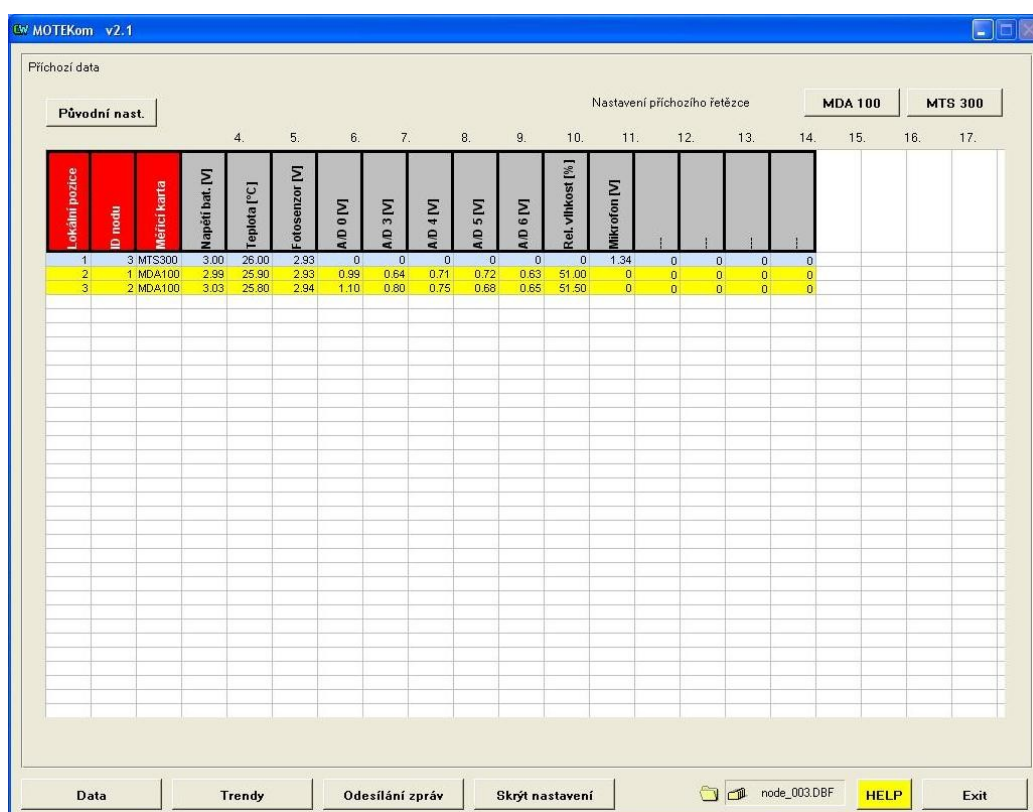


Obr. 16 - Okno aplikace modelu pračky

4.3 Senzorové nody s bezdrátovou komunikací pro monitorování procesů

Pro svou práci jsem si vybral úlohu s využitím WLAN, Senzorové nody s bezdrátovou komunikací pro monitorování procesů. Jsou využívány bezdrátové moduly MICA2/MICAz od firmy Crossbow MOTE, senzorové desky MTS a MDA, a sběrnou stanici MIB 520. Tyto bezdrátové moduly, senzorové desky a sběrnou stanici popisují ve výše uvedené kapitole číslo 2, kde jsem v tabulce (viz. Tab. 4) uvedl jejich parametry, například frekvenci vysílače, přenosovou rychlost, spotřebu atd. spolu s jejich obrázky pro lepší představu. Vývoj původní aplikace pro senzorové nody probíhal v opensource systému TinyOS, který obsahuje i emulátor Cygwin, přes který byl zajištěn základní přístup k těmto nodům. Výsledná původní aplikace byla zpracována v Control Webu a byla nazvána MOTEKom 2.1, která slouží pro zobrazení a ukládání dat do databáze. Také zde uvádím obrázky z aplikace MOTEKom 2.1 pro lepší představu. Úloha senzorových nodů s bezdrátovou komunikací se skládá z několika dílčích částí. Jde především o návrh a experimentální ověření algoritmů pro sběr a vyhodnocování dat s využitím bezdrátové komunikace. Zabývá se ověřením algoritmů „time

driven“ tedy časově řízených a ověřením algoritmů „event driven“ tedy událostně řízených. První nod byl nastaven na standardní mód, ve kterém byla data sbírána v periodě tří sekund, a na druhém módu byl vždy nastaven jeden z módů: aritmetický průměr, klouzavý průměr a exponenciální zapomínání. V těchto dílčích úlohách byly také postupně simulovány změny teploty, světla a relativní vlhkosti, které probíhaly v krátkých časových intervalech. U všech dílčích úloh pak byly sestaveny grafy, které porovnávají reálná data v procesu s daty upravenými zvolenou metodou. Všechny porovnávané metody využívají svůj systém filtrace dat, který by měl zajistit určitou robustnost vůči náhlým změnám v procesu. Například v dílčí úloze zpracování dat metodou Aritmetický průměr bylo cílem ověření, zda data, které byly odeslány z druhého nodu, dostatečně vypovídaly o změnách v procesu, přičemž na nodu číslo dvě, který data upravoval metodou aritmetického průměru, byla perioda odesílání jednou za pět měření, díky kterému algoritmus informuje o změnách v procesu s určitým zpožděním. Příklady reálných naměřených dat a dat uvedených v grafech metodou Aritmetického průměru jsou uvedeny na obrázku (viz. Obr. 19).

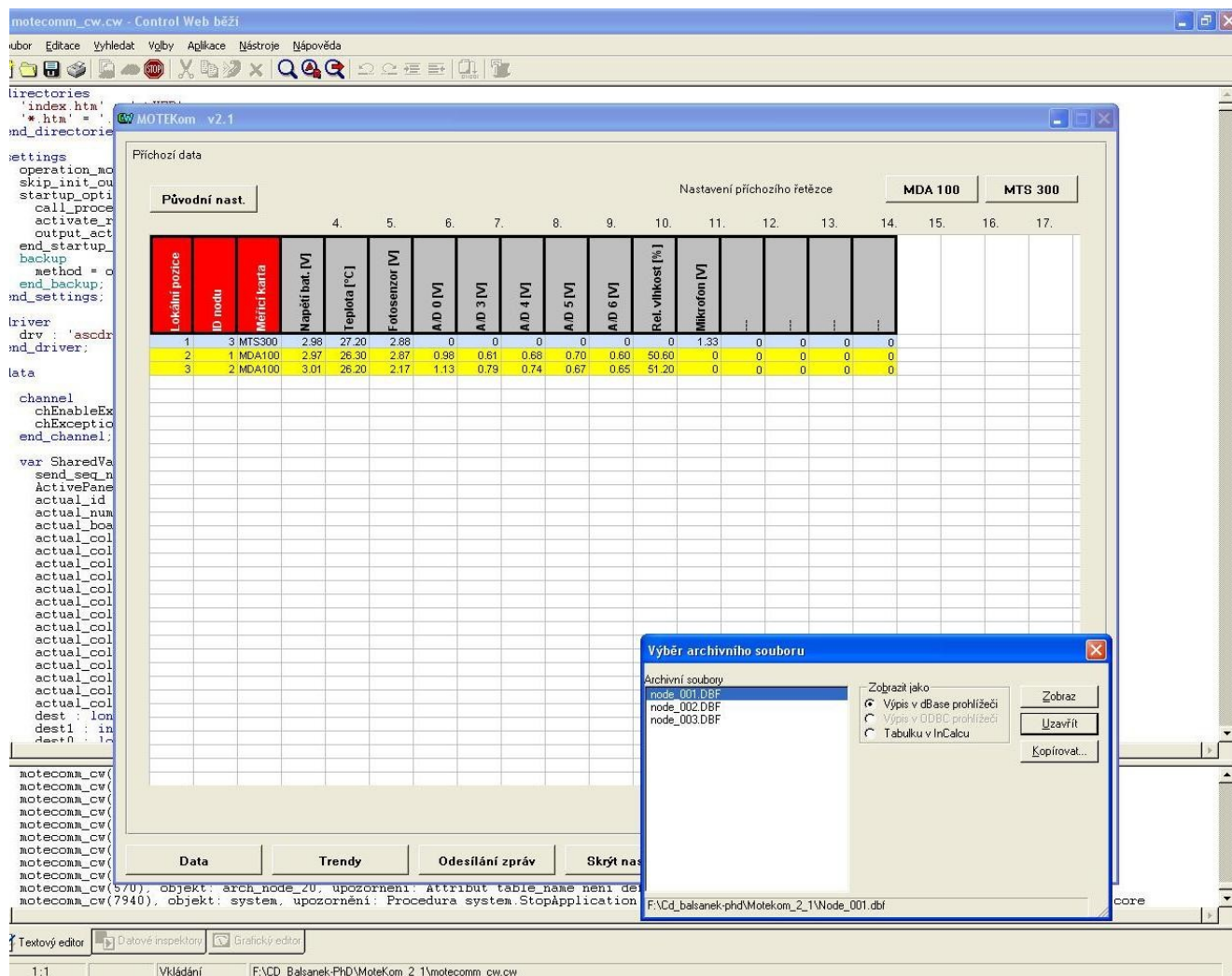


Původní nast.		Nastavení příchozího řetězce														
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
Lokální pozice	ID nodu	Měřicí karta	Napětí bat. [V]	Teplota [°C]	Fotosenzor [V]	A.D 0 [V]	A.D 3 [V]	A.D 4 [V]	A.D 5 [V]	A.D 6 [V]	Rel. vlhkost [%]	Mikrofon [V]				
1	3	MTS300	3.00	26.00	2.93	0	0	0	0	0	0	1.34	0	0	0	0
2	1	MDA100	2.99	25.90	2.93	0.99	0.64	0.71	0.72	0.63	51.00	0	0	0	0	0
3	2	MDA100	3.03	25.80	2.94	1.10	0.80	0.75	0.68	0.65	51.50	0	0	0	0	0

Obr. 17 - Aplikace MOTEKom – Okno s daty

Na obrázku (viz. Obr. 17) je vidět okno aplikace MOTEKom s daty, které jsem naměřil po zapojení všech tří nodů s připojenými měřicími kartami MDA 100 a kartou MTS 300. V tomto okně můžeme vidět číslo nodu, druh karty, napětí baterií, teplotu, hodnotu

fotosenzoru ve voltech, relativní vlhkost v procentech a hodnotu mikrofonu ve voltech. Měřicí karta MTS 300 je od měřících karet MDA100 barevně odlišena.



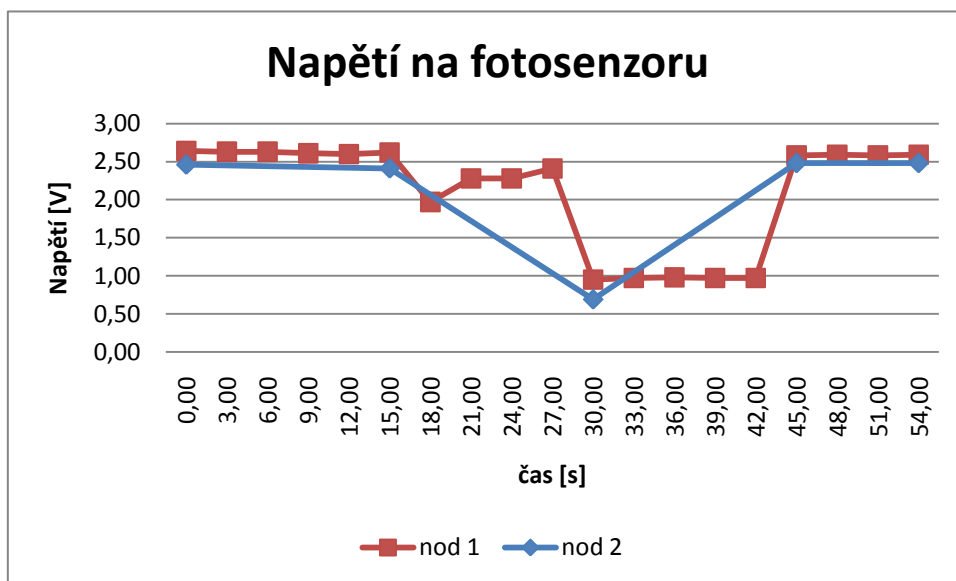
Obr. 18 - Aplikace MOTEKom – Archivace dat

V okně Archivace dat na obrázku (viz. Obr. 18) jsou vidět archivní soubory s příponou DBF. Tyto data, si může zobrazit buď jako výpis v dBse prohlížeči, v ODBC pokud máme aplikaci podporující ODBC nainstalovanou, nebo jako tabulku v InCalcu. Dále se v okně nacházejí tři tlačítka pro zobrazení, uzavření a kopírování archivních souborů.

4.4 Příklad ověření funkčnosti na vybrané úloze

Jako příklad ověření funkčnosti jsem si vybral dílčí úlohy zpracování dat metodou Aritmetický průměr, kde bylo cílem ověření, zda data, které byly odeslány z druhého nodu, dostatečně vypovídaly o změnách v procesu. Při této úloze zasílal nod číslo 1 do sběrné stanice aktuální data z procesu. Na nodu číslo dvě, který data upravoval metodou aritmetického průměru, byla perioda odesílání jednou za pět měření, díky kterému

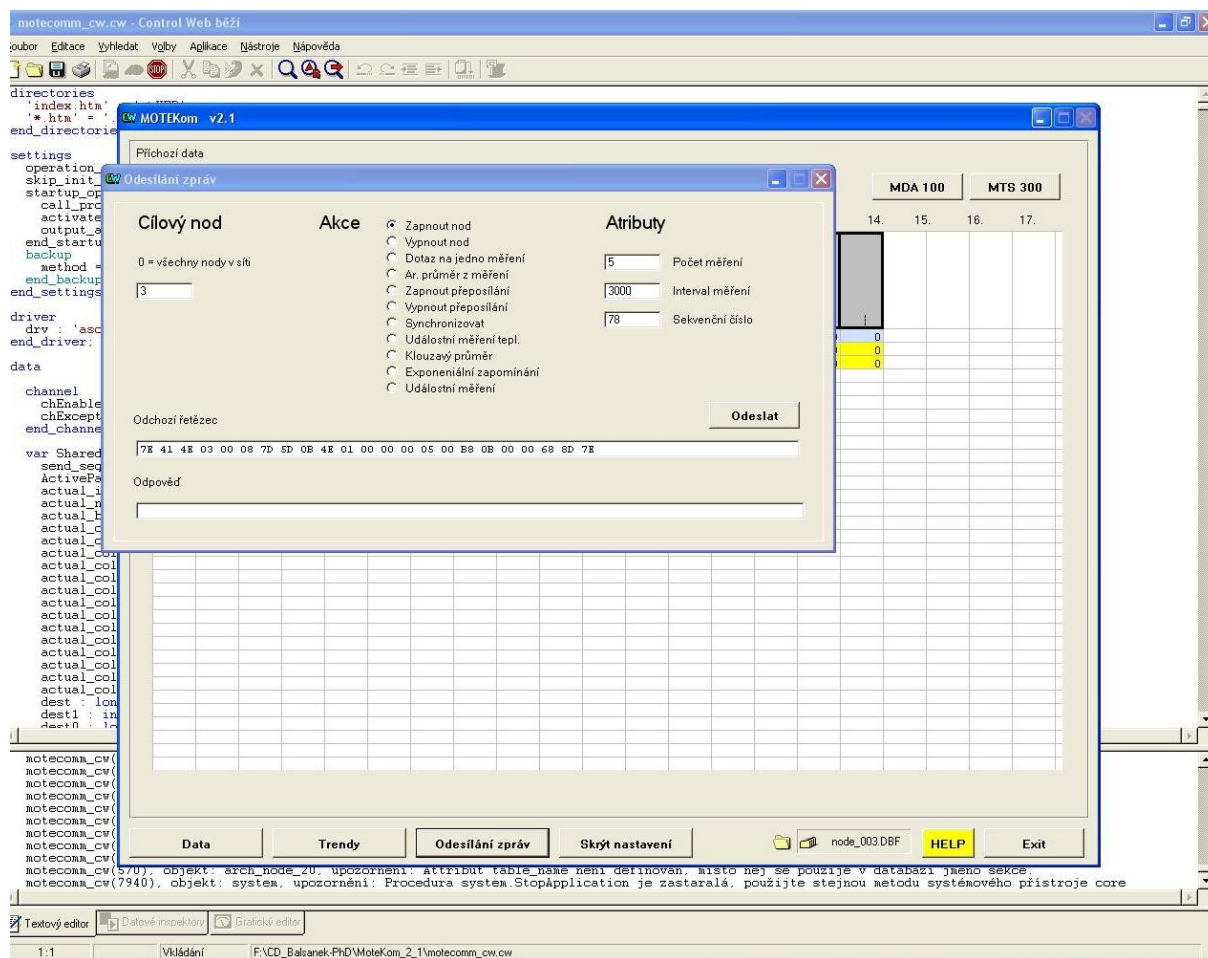
informuje o změnách v procesu s určitým zpožděním. Uvádím příklad naměřených grafů metodou Aritmetický průměr:



Obr. 19 - Porovnání přijatých dat z fotosenzorů

4.5 Zhodnocení vlastností na vybrané úloze

Pro své zhodnocení jsem si vybral úlohu se senzorovými nody s bezdrátovou komunikací pro monitorování procesů, která se zabývá senzorovými nody s bezdrátovou komunikací pro monitorování procesů. V této úloze se využívají bezdrátové moduly MICA2/MICAz od firmy Crossbow MOTE, senzorové desky MTS a MDA, a sběrná stanice MIB. Mezi menší nedostatky považuji například to, že pro tuto úlohu nebyl zpracován návod. Pro vývoj aplikace byl zvolen operační systém TinyOS, jehož instalace je zdlouhavá a náročná. Jeho výhodou však je že se jedná o „open-source systém“, který obsahuje i emulátor Cygwin, přes který byl zajištěn základní přístup k nodům. Součástí operačního systému TinyOS je i programovací jazyk nesC, a proto bylo zapotřebí instalovat další aplikaci *Programmers Notepad*, která byla vlastně vývojovým prostředím pro vytváření nesC aplikací. Výsledná aplikace byla zpracována v nástroji Control Web. Pro ukázkou uvádím některé obrázky z výsledné aplikace.



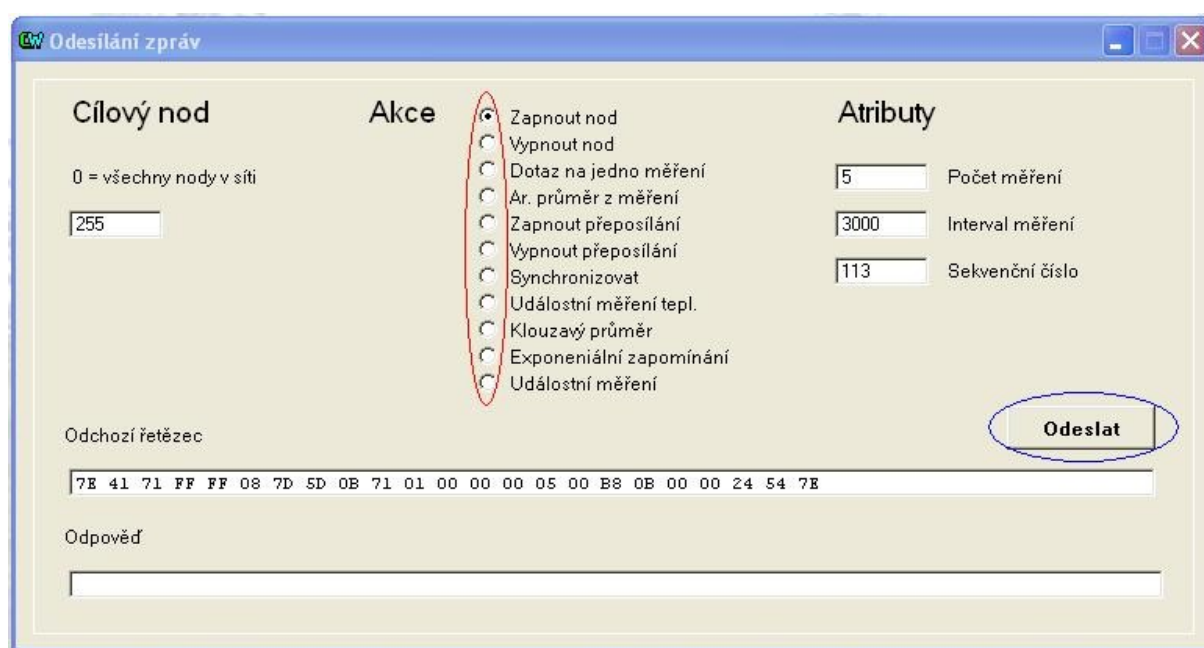
Obr. 20 - Aplikace MOTEKom – Odesílání zpráv

Mezi menší nedostatky této aplikace také považuji například výběr akce a její odeslání, kdy bylo vytvořeno v okně aplikace, které jsem uvedl výše, výběr akce a tlačítko odeslat, kdy po výběru akce se tlačítko odeslat musí 2 krát stlačit, aby se provedla vybraná akce. První kliknutí na tlačítko odeslat pouze sestaví příslušný řetězec zprávy pro vybranou akci, která se má provést, a až následným druhým stlačením se řetězec zprávy odešle a akce se provede. Běžný uživatel tak neví, že po stisknutí tlačítka odeslat se jím zvolená akce neprovede, pouze se sestaví příslušný řetězec, ale správa není odeslána na vybraný nod nebo nody.

Dalším menším nedostatkem je to, kde se zobrazí výsledek z vybrané akce. Výsledek vybrané akce se totiž zobrazuje v okně s odesílanými daty (viz. Obr. 17), běžný uživatel tak nemusí tušit, že provedená akce se zobrazí v tomto okně a navíc nemá přehled o přicházejících datech. Dále v okně odesílání zprávy, je uvedeno sekvenční číslo, které nemusí být zobrazováno. Slouží pouze k sestavení řetězce.

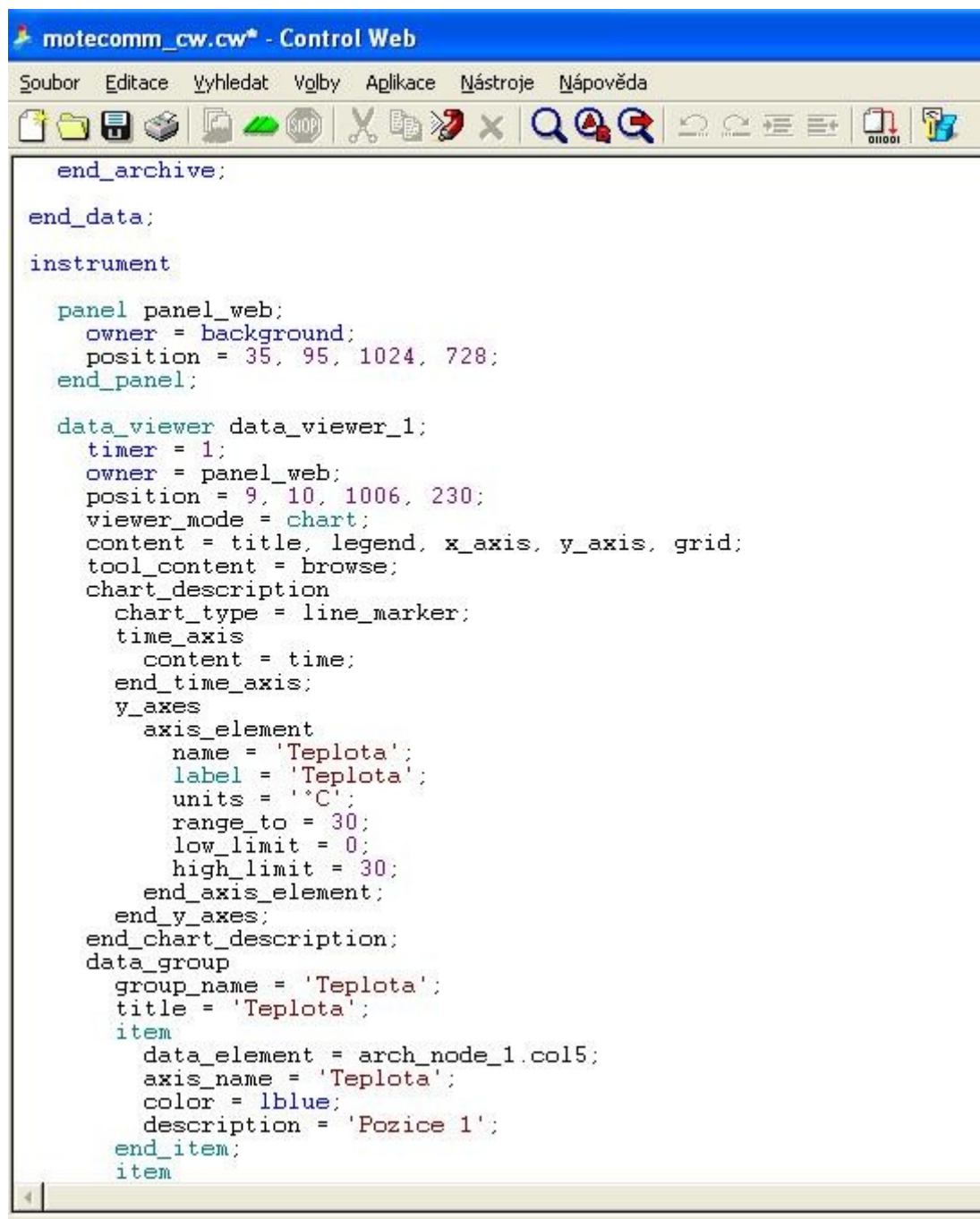
4.6 Odstraňování některých nedostatků v aplikaci MOTEKom 2.1

V této kapitole realizuji řešení některých nedostatků. Jak jsem již zmiňoval výše v kapitole 4.5 Zhodnocení vlastností na vybrané úloze, za menší nedostatek vytvořené aplikace jsem považoval výběr akce a její odesílání. Na obrázku číslo 21 je červenou barvou zvýrazněn výběr požadované akce a modrou barvou zvýrazněno tlačítko “Odeslat” pro odeslání příslušného řetězce vybrané akce. Po vybrání požadované akce, bylo nutno stlačit buď tlačítko “Odeslat” dvakrát anebo dvakrát stlačit výběr aby se námi požadovaná akce provedla.



Obr. 21 - Okno odesílání zpráv

Pro odstranění této a dalších chyb jako například zobrazení výsledku z vybrané akce, který se zobrazuje v okně s odesílanými daty (viz. Obr. 17), v aplikaci je také zobrazeno sekvenční číslo, které slouží pouze pro sestavování příslušného řetězce, bylo nutno nastudovat zdrojový kód aplikace a také se seznámit s nástrojem Control Web. Příklad zdrojového kódu uvádím níže na obrázku (viz. Obr. 22).



Obr. 22 - Příklad zdrojového kódu

Tuto chybu jsem odstranil tak, že jsem část příslušného zdrojového kódu přepsal v prostředí nástroje Control Web na příslušné místo v okně “inspektor přístroje” do požadované procedury (viz. Obr. 23).


```

    text = 'Vypnout přeposílání';
end_item;
item
    output = SharedVariables.node_sync_off;
    text = 'Synchronizovat';
end_item;
item
    output = SharedVariables.node_event;
    text = 'Událostní měření tepl.';
end_item;
item
    output = SharedVariables.node_average;
    text = 'Klouzavý průměr';
end_item;
item
    output = SharedVariables.node_exp;
    text = 'Exponenciální zapomínání';
end_item;
item
    output = SharedVariables.node_average_uni;
    text = 'Událostní měření';
end_item;

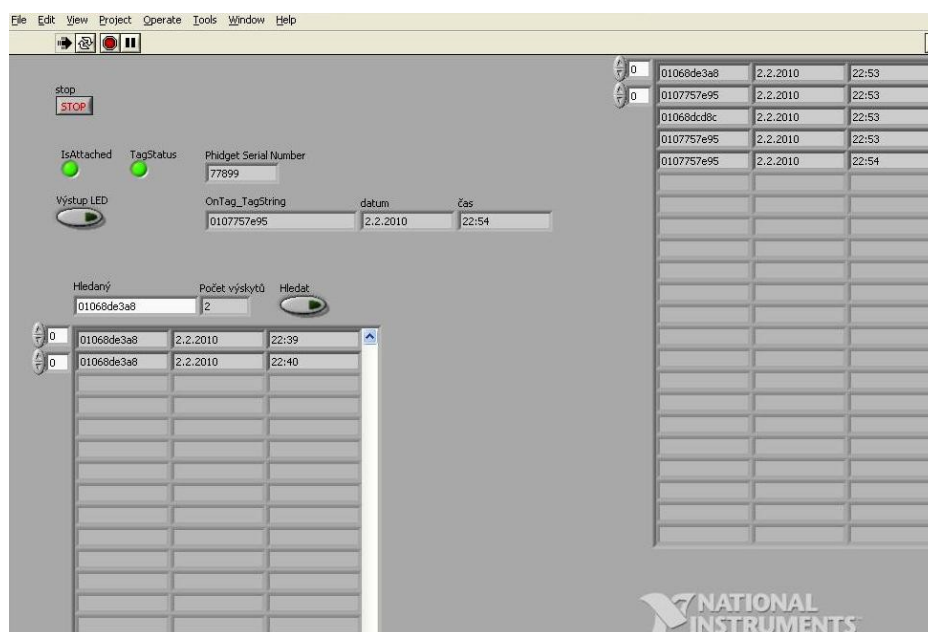
procedure OnMouseMove( MouseX, MouseY : longint; LeftButton, MiddleButton, RightButton : boolean );
begin SestavMsg.calcCRC();
end_procedure;

```

Obr. 23 - Příklad příslušného zdrojového kódu

4.7 Ověření funkčnosti na vybraném snímači Phidgets RFID

Všechny snímače phidgets se připojují k počítači pomocí USB. K počítači je možno připojit 127 USB zařízení (nebo více) a tak lze snadno připojit mnoho snímačů pro požadované projekty. Zařízení je možno připojit přímo k počítači pomocí USB nebo přes hub. Maximální délka kabelu mezi zařízením a PC je 4,572 m, když je mezi nimi jeden nebo více hubů. Phidgets zařízení podporují pomalejší rozhraní USB 1.1 i rychlejší rozhraní USB 2.0. Tato aplikace je určena pro přečtení řetězce pomocí PhidgetsRFID čtečky z RFID diskové značky, karty, nebo klíčenky. RFID čtečka se připojuje přímo přes USB do počítače a s RFID značkami se stačí pouze k čtečce přiblížit.



Obr. 24 - Čelní panel aplikace pro PhidgetRFID

Po zapojení PhidgetRFID čtečky a spuštění aplikace se zobrazuje sériové číslo PhidgetRFID snímače. Dále 2 ledky, první svítí, když je snímač připojen a druhá když snímač čte řetězec z příslušné značky. Zobrazení řetězce, datumu a času. Vpravo v tabulce zobrazení příslušných řetězců z příslušných značek, datum a čas v pořadí v jakém byli přečteny. Dále je v aplikaci i tabulka s panelem pro hledání příslušného řetězce a počet načtení. Data, které jsem naměřil na obrázku (viz. Obr. 24), jsou ze dvou 30 mm diskových značek, jedné karty, která má velikost jako kreditní karta a jedné klíčenky. Všechny otestované značky byli součástí balení PhidgetRFID. Dále jsem aplikaci pro snímač RFID, která byla vytvořena, také otestoval na ISIC kartě, která obsahuje také ID číslo.

5 Navržené úlohy

Pro navržení úloh byl vybrán hardware od firmy Phidgets, jedná se o vybrané inteligentní snímače Phidgets a hardware firmy Crossbow Mote, jedná se o základnovou stanici MIB 520 a bezdrátové nody s měřicími kartami MTS 300 a MDA 100.

5.1 Navržená úloha s využitím snímače Phidgets

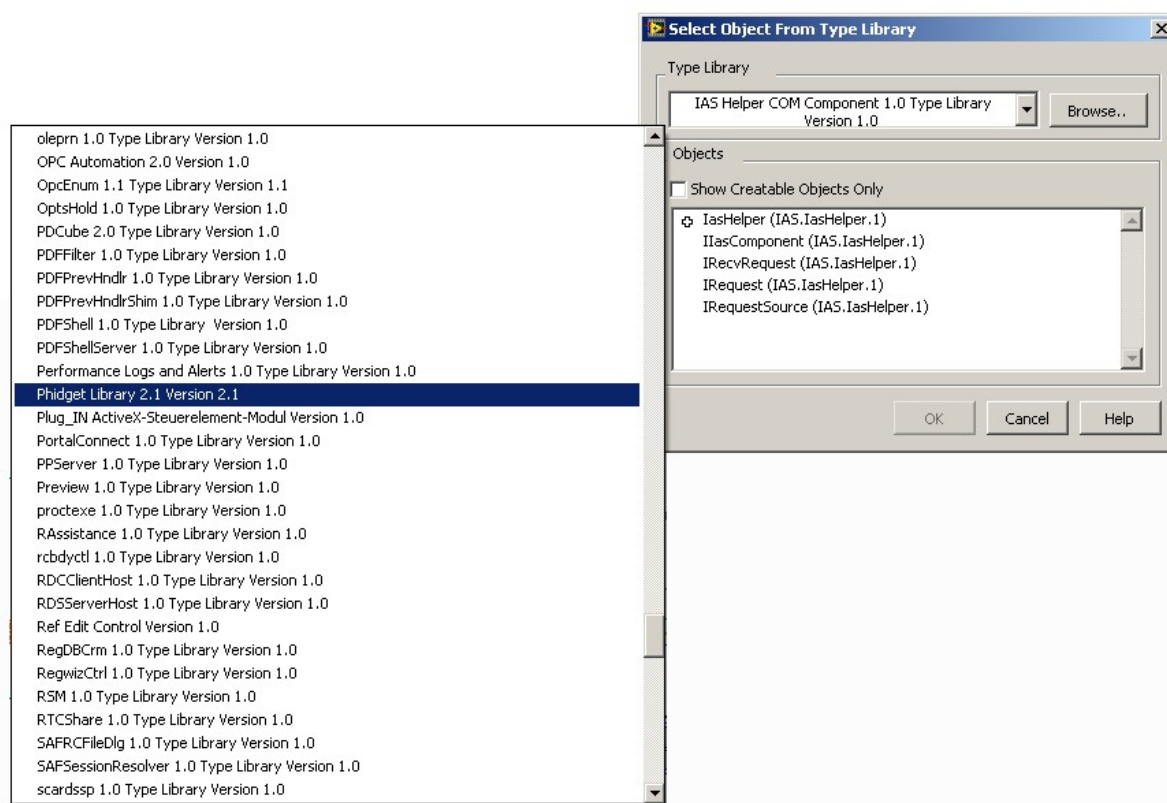
Jedním z příkladů pro navrhovanou úlohu je využití vybraného snímače Phidgets. Jednoho modulu ZigBee a jedné základnové stanice ZigBee, která se připojuje k počítači pomocí USB kabelu.

Se snímači Phidgets je možné pracovat pomocí softwaru od výrobce, který je dodáván přímo, nebo ho je možno stáhnout ze stránek výrobce. Software slouží zpravidla pouze ověřování funkčnosti a nastavování vlastností nebo si lze vytvořit vlastní aplikaci, jak bylo popisováno, je ji možné vytvořit pomocí VB6, VB.NET, C#.NET, C++, Flash 9, Flex, Java, LabVIEW, Python, Max/MSP a Cocoa. Pro vytvoření aplikace jsem si zvolil program LabVIEW. Programování se zde provádí propojováním funkčních bloků.

Aplikace v LabVIEW se skládá ze dvou částí: čelní panel (front panel) a blokové schéma (block diagram), případně i jiné okna, které je možno zavřít. Čelní panel zde slouží jako uživatelské rozhraní, který obsahuje, textové a grafické menu pracovní plochu, kde mohou být umístěny různé indikátory, digitální i analogové ukazatele, tabulky, tlačítka, atd. V blokovém schématu jsou všechny prvky z čelního panelu reprezentovány funkčními bloky, které se spolu s dalšími bloky, které na čelním panelu nejsou vidět, propojují tak, aby plnily požadované funkce.

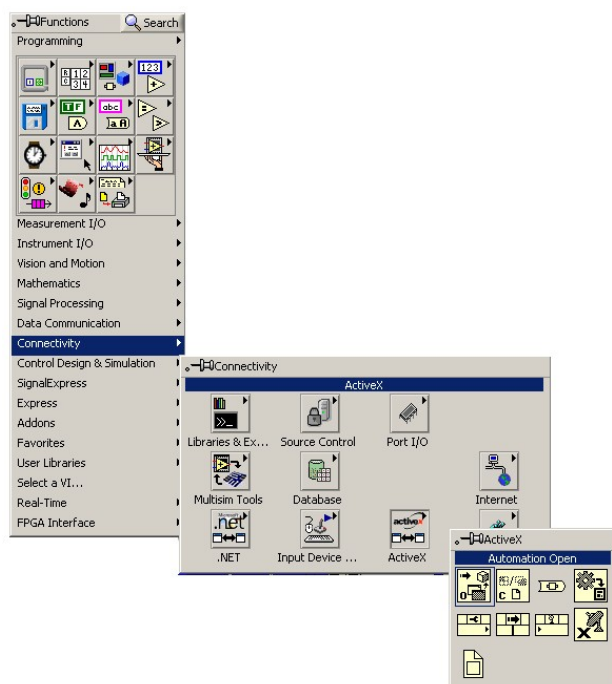
Aby bylo možno pracovat v LabVIEW s Phidgets snímači, musí být dodržen postup při používání těchto snímačů.

Komunikace s hardwarem se v LabVIEW zpravidla řeší pouze v blokovém diagramu. Nejprve je nutné otevřít zprávný ovladač v knihovně Phidget (nastavit cestu k tomuto souboru). Toto se provede pomocí bloků *Automation Open*. Cesta k tomuto bloku je znázorněna na obrázku (viz. Obr. 26).



Obr. 25 - Seznam knihoven

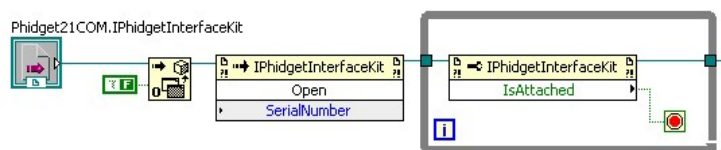
U bloku *Automation Open* se musí zapojit vstup *Automation Refnum*. Po kliknutí na pravé tlačítko myši a stisku položky *Create* se u tohoto vstupu zobrazí 2 typy vstupů (*Constant* a *Control*), u obou je možné nastavit knihovny. Po vytvoření takového vstupu je u něj nutné nastavit knihovnu, se kterou bude pracovat. Počítač může detekovat připojené zařízení automaticky, pak se pouze zatrhne položka *Select Activex class*, pokud není připojené zařízení detekováno správně, je nutné u položky *Select Activex class* najít správnou část knihovny ručně. Potřebná část knihovny se dá v seznamu celkem snadno najít, její název (nebo alespoň jeho část) odpovídá názvu zařízení.



Obr. 26 - Cesta k souboru Automation Open

Po nastavení bloku s knihovnou se následně vytvářejí nástroje pro práci se zvoleným zařízením. K tomuto účelu slouží poslední dvě položky v položce *Create*.

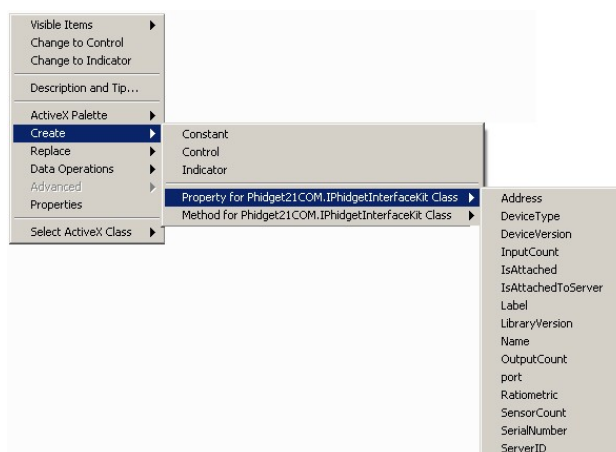
Pro inicializaci je nejprve nutné takto vytvořit blok *Open*. Za něj se umísťuje smyčka s dalším blokem *IsAttached*, to znamená, že aplikace čeká, dokud se nepropojí s nastaveným zařízením. Takovéto schéma je možno vidět i na ukázkových aplikacích ze stránek výrobce. Tato aplikace není chráněna před možností, že nedojde ke spojení, avšak ošetření tohoto stavu je možné například nastavením maximální délky čekání na spojení.



Obr. 27 - Bloky pro spojení aplikace se zařízením

Následně pak už stačí vytvořit hlavní měřicí smyčku a do té umístit všechny vstupní, výstupní bloky i nástroje pro zobrazení a zpracování měřených dat. Za takovou smyčku by ještě měl být umístěn blok *Close Reference*, aby bylo používání zařízení správně ukončeno.

Bloky pro vstupy a výstupy se vytvářejí kliknutím na pravé tlačítko myši na blok (viz. Obr. 28), kde je nastavena knihovna (viz. Obr. 25 – první zleva).



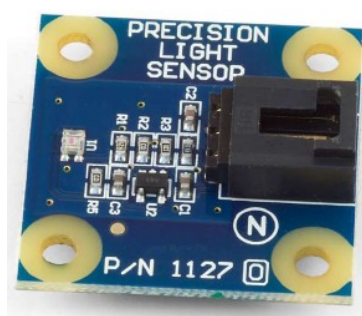
Obr. 28 - Vytváření bloků pro vstupy / výstupy

U snímačů, které se připojují přímo k počítači, je možné zobrazit informace o těchto snímačích (sériové číslo, typ snímače a podobně). Snímače, které se však připojují přes interface, mají tyto funkce omezeny (zobrazí se sériové číslo a typ interface).

5.1.1 Použitý hardware

Snímač osvětlení

Tento snímač má menší citlivost změny osvětlení než lidské oko a také menší rozsah než lidské oko. Snímač má rozsah přibližně od 1 luxu (měsíční svit) do 1000 luxů (televizní ateliérové osvětlení). Parametry snímače uvádím v tabulce (viz. Tab. 7). Lidské oko má rozsah od 50 μ lux do 100 klux. Snímač však dokáže rozpoznat i menší kolísání světla a vyšší frekvence než lidské oko. To znamená, že například při měření v kanceláři můžeme na výstupu dostat signál s periodou zdroje světla (zářivka, monitor, atd.). Snímač se připojuje do Interfacekit a následně pak přes USB do počítače.



Obr. 29 - Snímač osvětlení [Phidgets, 2010]

Snímač, stejně jako většina těchto snímačů, je kompatibilní pro zařízení pracující s napětím 3 V.

Po připojení snímače k počítači je možné použít jeden ze dvou přepočtů výstupní veličiny na intenzitu světla [Phidgets, 2010].

$$\text{Intenzita světla [lux]} = \left(\frac{\text{RawSensorValue}}{4095} \right) \quad (1)$$

$$\text{Nebo použít SensorValue: SensorValue} = [\text{lux}] \quad (2)$$

Tab. 7 Základní parametry snímače osvětlení

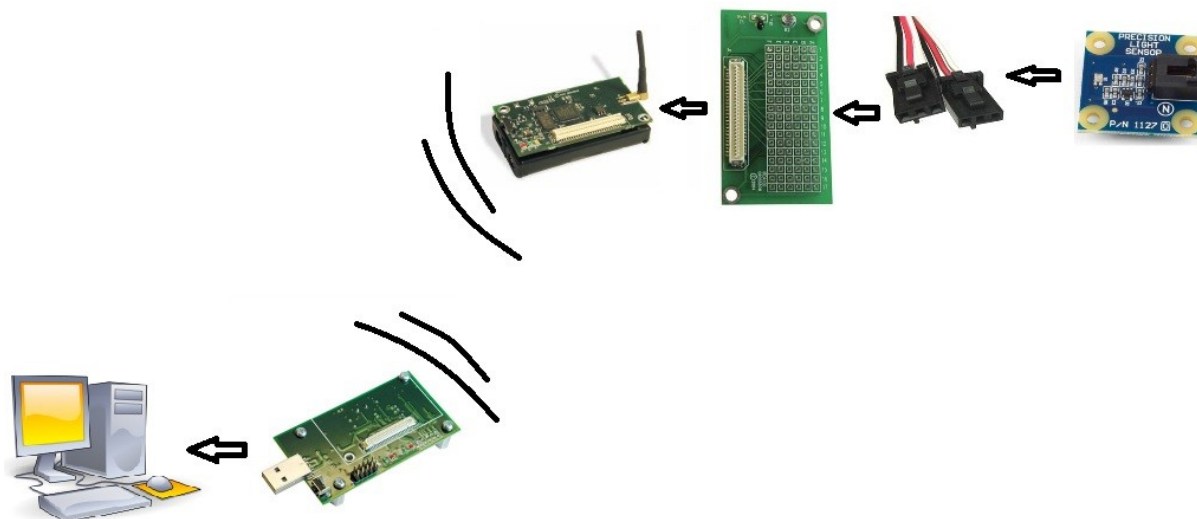
Spotřeba proudu	2 mA
Výstupní odpor	1 kΩ
Šířka pásma / odezva	50 Hz
Minimální, maximální napětí	Od 3,3 V do 5 V (stejnoseměrné)
Minimální světelná hladina	1 lux
Maximální světelná hladina (při napájení 5 V)	1000 lux
Přesnost	5 %
Maximální světelná hladina (při napájení 3 V)	660 lux

Bezdrátový modul MICAz

MICAz využívá standard IEEE 802.15.4 (ZigBee) komunikující na frekvenci 2,4 GHz. Tento standard umožňuje šetření energie při komunikaci mezi ostatními nody a sběrnou stanicí. MICAz rovněž umožňuje připojení všech měřicích karet osazených 51-pinovým konektorem [Crossbow MICAz].

5.1.2 Popis realizace úlohy s využitím snímače Phidgets

Z Phidgets USB snímačů byl vybrán snímač osvětlení zmiňovaný v kapitole 5.1.1 Použitý hardware, který je kompatibilní s jinými zařízeními pracujícími se zdrojem napájení 3 V. Tento snímač má při napájení 5 V rozsah přibližně od 1 luxu (měsíční svit) do 1000 luxů (televizní ateliérové osvětlení), avšak při požití napětí 3 V jenom do 660 luxů. Vybraný snímač osvětlení Phidget se připojuje pomocí tří pinového uzamykacího konektoru, který je na kabelu dodávaném k snímačům Phidget. Tento kabel je připájen na měřicí kartu řady MDA (Obr. 5), která kromě několika senzorů obsahuje také svorkovnici nebo kontaktní pájivé pole vhodné pro připojení dalších snímačů, analogových a digitálních signálů nebo periférií komunikujících po sběrnici I²C, sériové lince apod. (inteligentní senzory, paměti atd.) (viz Obr. 30)

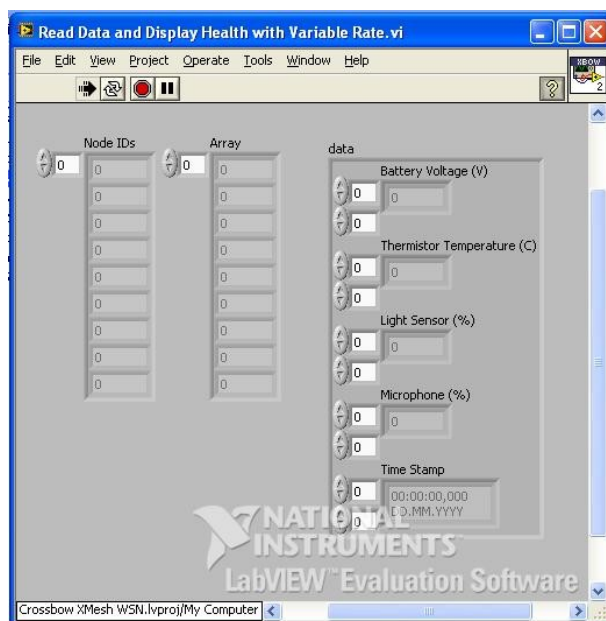


Obr. 30 - Schéma zapojení navrhované úlohy

Snímač osvětlení Phidget je, jak již bylo zmíněno, kompatibilní se zařízeními pracujícími s napájecím napětím 3 V, a lze jej využít například k měření jasu žárovky. Tento snímač je velmi citlivý a při měření v místnosti s počítači či jinými zdroji světla a můžeme dostat na výstupu signál s periodou zdroje, například monitoru.

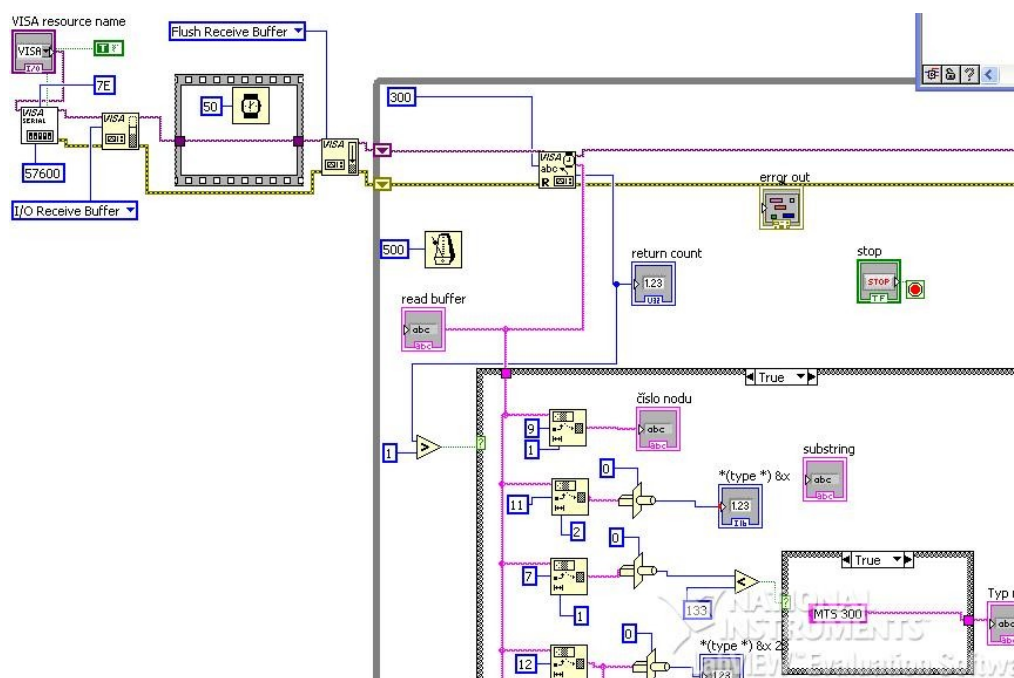
5.2 Návrh nové úlohy s využitím bezdrátových průmyslových sítí

Další z navržených úloh je úloha, která se skládá pouze ze ZigBee modulů se senzorovými deskami MDA 100 a MTS 300 a základnové stanice MIB520. Tato stanice se připojuje k počítači pomocí rozhraní USB. Při návrhu aplikace se počítalo s využitím knihoven, které byli ze stránek výrobce ZigBee modulů firmy Crossbow staženy. Tyto knihovny byly navrženy pro použití v aplikaci LabVIEW 2009. Pro stažení těchto knihoven pro tuto aplikaci byla nutná registrace. Stránky však nefungovaly správně a bylo nutno stáhnout knihovny přes FTP server, kde podle čísla bylo nutno vyhledat potřebný cílový adresář s knihovnami. Po stažení knihoven, které bylo nutno nakopírovat do příslušného adresáře "instr.lib", byla otestována funkčnost knihoven na projektu vytvořeném výrobcem skládajícím se ze tří dílčích příkladů. Po připojení základnové stanice a nastavení příslušného komunikačního portu byl spuštěn projekt od výrobce s příslušnými knihovnami bez chybové hlášky. Avšak spuštěná aplikace byla také bez jakékoliv odezvy se ZigBee modulem, na kterém byla senzorová deska MTS 300, pro kterou byl projekt vytvořen. Na čelním panelu (front panelu) se neobjevily žádné data (Obr. 31).



Obr. 31 - Čelní panel aplikace pro ZigBee moduly firmy Crossbow

Proto jsem vytvořil aplikaci pro tyto ZigBee moduly firmy Crossbow bez použití knihoven dodávaných výrobcem. Data se čtou ze sériového portu, převádějí a následně zobrazují. Na obrázku (viz. Obr. 32) uvádím část blokového schématu navrhované aplikace.



Obr. 32 - Část blokového schéma aplikace pro ZigBee moduly firmy Crossbow

5.3 Realizace navržené úlohy

Následující kapitoly se zabývají realizací obousměrné komunikace mezi sběrnou stanicí a nadřazenou aplikací. Jsou zde popsány principy komunikace a sestavení zprávy TOSMsg, pomocí které mezi sebou prvky v síti komunikují.

5.3.1 Komunikace mezi bezdrátovými nody a nadřazenou aplikací

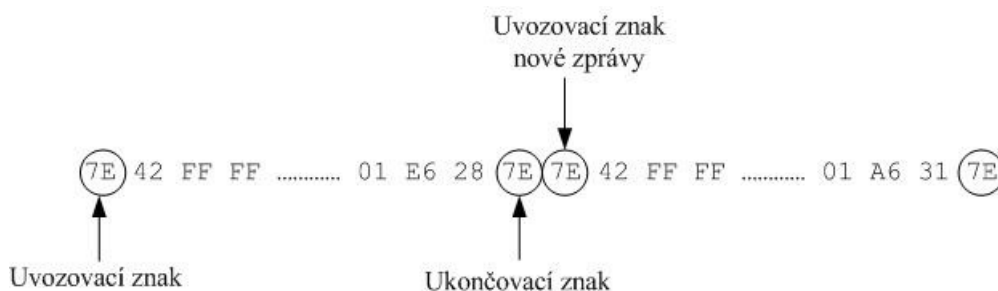
Bezdrátové nody, sběrná stanice a nadřazená aplikace mezi sebou mohou komunikovat, a při této komunikaci si přeposílají zprávy obsahující systémové informace, naměřená data a různá doplňková data. Pro tyto účely se využívá standardní TOSMsg řetězec navržený výrobcem systému MOTE ve spolupráci s tvůrci TinyOS operačního systému, který je volně dostupný z internetu. Tento řetězec lze také do určité míry modifikovat, například měnit význam jednotlivých bajtů v datové sekci, délku celého řetězce apod., přičemž změny systémových dat by měly z důvodu zachování kompatibility zpráv mezi různými aplikacemi probíhat co nejrozsáhleji. Respektive v řetězci jsou určitá místa, jejichž význam by se měnit neměl.

5.3.2 Popis příchozího řetězce

Při komunikaci mezi sběrnou stanicí a nadřazenou aplikací, tzn. při zobrazování naměřených dat, byla snaha využít stávající tvar TOSMsg zprávy z důvodu vyšší univerzálnosti aplikace a jejího případného snadnějšího modifikování.

Příchozí TOSMsg zpráva se z pravidla skládá ze tří částí, které mohou být různé mezi jednotlivými nody a druhy využitých měřicích karet (MDA 100, MTS 300, MTS 510,...), v našem případě MTS 300 a MDA 100.

První, nejdůležitější část, tvoří uvozovací a ukončovací znak příchozího řetězce. V tomto případě se při komunikaci po sériové lince využívá hodnota „7E“. Nadřazená aplikace po identifikaci tohoto znaku zahájí příjem řetězce, a pokud se jedná o ukončovací znak, načte se do vyrovnávací paměti (bufferu) jenom jeden byte (následující uvozovací znak) a nedochází k dalšímu zpracování, nebo pokud se jedná o uvozovací znak, načte se zbytek řetězce bez toho uvozovacího znaku a dochází k dalšímu zpracování. Pro příklad je na následujícím obrázku uvedena část dvou po sobě jdoucích, přijatých, řetězců:



Obr. 33 - Schéma příchozího řetězce

Další část přijímaného řetězce obsahuje informace o druhu přijaté zprávy, ze kterého nodu byla informace přijata, jakou měřicí deskou je nod osazen, informaci o délce datové části zprávy atd. Tato data jsou specifická pro daný měřicí nod.

Třetí, pro měřicí systém nejpodstatnější částí je už zmiňovaná datová část, která obsahuje aktuální naměřená data z jednotlivých senzorů daného nodu. Pořadí těchto dat není řízeno žádnými konvencemi, délka takového řetězce může být v zásadě jakákoliv a záleží pouze na tvůrci aplikace, jak naměřená data seřadí a následně prezentuje ve své aplikaci, do jaké podoby je převede a v jaké formě jsou data následně posílána. V této fázi je ovšem výhodou dodržovat v praxi, že data ze stejných snímačů na různých měřicích uzlech by měla být zasílána ve stejném formátu a na stejných pozicích v řetězci. Tato praxe je samozřejmě vhodná pro usnadnění práce při vývoji nadřazených aplikací, aby byl vytvářený systém co nejvíce univerzální a jeho tvorba byla co nejjednodušší. Datovou část zakončuje dvoubajtový kontrolní součet CRC. Na následujícím příkladu (viz. Obr. 34) jsou podrobně zdokumentovány jednotlivé bajty v přijaté zprávě (viz. Tab. 8, Tab. 9 a Tab. 10), které byly vybrány ze dvou různých nodů, osazených různými typy měřicích karet:

```
7E 42 FF FF 00 7D 5D 1D 84 01 03 00 EF 01 F6 01 E8 02 F3 01 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 7F 55 7E
```

```
7E 42 FF FF 00 7D 5D 1D 87 01 01 00 D1 01 F7 01 91 03 24 03 C3 02 5F 02 0E 02 CF 01 9A 18 04 05 00 00 00 00 00 19 17 7E
```

Obr. 34 - Příklad příchozích řetězců

Tab. 8 Popis pozice a významu bajtů, nezávislých na ID nodu ani jeho měřicí kartě

Pozice v řetězci	Příklad z obrázku		Význam bajtu
1.	7E	-	synchronizační bajt, začátek zprávy.
2.	42	-	typ paketu, může mít následující varianty: 42 - data z nodu, není vyžádáno potvrzení o přijetí.

Pozice v řetězci	Příklad z obrázku		Význam bajtu
2.			41 - data z nodu, je vyžádáno potvrzení o přijetí. 40 - jedná se o odpověď na vyslanou zprávu. FF - neznámý typ paketu.
4. a 5.	FF FF	-	adresa pro bezdrátový přenos v síti (FF FF znamená, že data nebyla vysílána konkrétnímu adresátovi, ale všem. V případě, že by data byla vysílána konkrétnímu příjemci, např. nodu, majícímu ID 02, vypadaly by tyto dva bajty následovně: 02 00).
6.	00	-	typ zprávy. Při tvorbě vlastní aplikace nemá tento bajt význam.
7.	7D	-	číslo skupiny. Při nahrávání obslužné aplikace do procesoru je jednotlivým nodům kromě jednoznačného identifikačního čísla přiděleno také číslo skupiny, ve které se nod bude nacházet. Toto má využití při větším počtu měřicích uzlů, kdy není žádoucí, aby mezi sebou komunikovaly všechny uzly v síti, ale jen nod v rámci svých skupin. Implicitní číslo skupiny je 7D.
8.	5D	-	tento bajt původně nebyl součástí zprávy. Vznikl převedením rezervovaného bajtu 7D.
9.	1D	-	délka datového řetězce.
10.	84,87	-	druh použité měřicí karty. Pozice může nabývat různých hodnot: 84 - MTS300. 87 - MDA100,...
11.	01	-	pořadí paketu příchozí zprávy. Využívá se v případě, že odesílaná zpráva bude díky své velikosti rozdělena na více paketů.
12.	03,01	-	jedinečné identifikační číslo nodu.
13.	00	-	původně bajt bez významu, jeho význam lze konfigurovat.
14. až 29.	...	-	datová část zprávy.
30. a 31.	7F55, 1917	-	CRC kontrolní součet.
32.	7E	-	synchronizační bajt, konec přijaté zprávy.

Je nutné si uvědomit, že pokud naměřená data mají velikost větší než 1 bajt (např. výsledky z 10ti bitového A/D převodníku), pak podle pravidel je nejprve odeslán nejnižší významový bajt a poslední v řadě je zaslán ten s nejvyšším významem (viz.Tab. 9).

Tab. 9 Popis datové části přijatého řetězce z měřicí desky typu MTS300

Pozice v řetězci	Příklad z obrázku		Význam bajtu
13. a 14.	EF 01	-	napětí baterií (rozsah 0-1023) – 10bit. převodník.
15. a 16.	F6 01	-	teplota (rozsah 0-1023).
17. a 18.	E8 02	-	napětí z fotosenzoru (rozsah 0-1023).
19. a 20	F3 01	-	napětí z mikrofonu (rozsah 0-1023).

Tab. 10 Popis datové části přijatého řetězce z měřicí desky typu MDA100

Pozice v řetězci	Příklad z obrázku		Význam bajtu
13. a 14.	D1 01	-	napětí baterií (rozsah 0-1023).
14. a 15.	F7 01	-	teplota (rozsah 0-1023).
16. a 17.	91 03	-	napětí z fotosenzoru (rozsah 0-1023).
18. a 19.	24 03	-	napětí na A/D převodníku 0 (rozsah 0-1023).
20. a 21.	C3 02	-	napětí na A/D převodníku 3 (rozsah 0-1023).
22. a 23.	5F 02	-	napětí na A/D převodníku 4 (rozsah 0-1023).
24. a	0E 02	-	napětí na A/D převodníku 5 (rozsah 0-1023).

Pozice v řetězci	Příklad z obrázku		Význam bajtu
25.			
26. a 27.	CF 01	-	napětí na A/D převodníku 6 (rozsah 0-1023).
28. a 29.	9A 18	-	teplota ze snímače vlhkosti SHT71 (rozsah 0-16386) 14bit. převodník.
30. a 31	04 05	-	nekompenzovaná relativní vlhkost SHT71 (rozsah 0-4095) 12bit. převodník.

5.3.3 Popis odchozího řetězce

Dosud byly vysvětleny a popsány zprávy ve směru sběrná stanice → nadřazená aplikace. V případě, že nody budou obsahovat algoritmus pro zpracování a vykonávání příkazů přijatých z jiných nodů, nebo z nadřazené aplikace, je třeba objasnit konvence pro sestavení odchozího řetězce. Nemusí se jednat pouze o zprávy z vytvořené obslužné aplikace nadřazená aplikace → nod, ale zprávy si mezi sebou mohou posílat i jednotlivé prvky sítě na hierarchicky stejné úrovni nod → nod. Využití této funkce je zřejmé. Nody tímto způsobem mohou přeposílat naměřená data přes jiný nod do sběrné stanice, pokud samy nejsou v jejím dosahu.

Dalším důvodem, proč přesně definovat formát odchozího řetězce, je vytváření nadřazené aplikace, která umožní vzdálenou modifikaci prvků v síti. K takovému účelu byl vytvořen odchozí TOSMsg řetězec, který je v podstatě jenom pouhou modifikací příchozího řetězce. Liší se hlavně v datové části, která je celá v režii tvůrce aplikace. V tomto případě je nutné si vytvořit rozbor příkazů, jež budou nody umět vykonávat a přiřadit jim potřebné parametry. Na následujícím příkladu (viz. Obr. 35) bude popsána pozice a popis odchozího řetězce (viz. Tab. 11 a Tab. 12):

7E 41 14 FF FF 08 7D 5D 0B 14 03 00 00 00 05 00 B8 0B 00 00 64 5C 7E

Obr. 35 - Příklad odchozího řetězce

Tab. 11 Popis pozice a významu bajtů v odchozím řetězci

Pozice v řetězci	Příklad z obrázku		Význam bajtu
1.	7E	-	synchronizační bajt, začátek zprávy.
2.	41	-	je vyžádáno potvrzení o přijetí, neexistuje jiná varianta.
3.	14	-	ve vytvořené aplikaci je tento bajt bez určitého významu. Na jeho místo je duplicitně dosazeno sekvenční číslo.
4. a 5.	FF FF	-	adresát příkazu (FF FF znamená, že data nejsou vyslána konkrétnímu adresátovi, ale všem. V případě, že by data byla vysílána konkrétnímu příjemci, např. nodu, majícímu ID 02, vypadaly by tyto dva bajty následovně: 02 00).
6.	08	-	typ zprávy. Definuje odchozí zprávu jako příkaz k vykonání.
7.	7D	-	číslo skupiny, do které má být zpráva doručena. Příslušníci jiných skupin příkaz nevykonají.
8.	5D	-	tento bajt původně nebyl součástí zprávy. Vznikl převedením rezervovaného bajtu 7D. Algoritmus převedení vyhrazených bajtů bude vysvětlen později.
9.	0B	-	délka datového řetězce.
10.	14	-	sekvenční číslo. Aby nedošlo k zahlcení sítě, všechny odchozí zprávy si s sebou nosí tzv. sekvenční (pořadové) číslo. Nody, pro které byla zpráva určena si ověří, zda-li v minulosti již nevykonali příkaz s tímto pořadovým číslem. Pokud ano, zprávu nevykonají a dále ji ani nepřeposílají. V případě, že se jedná o novou zprávu, která je určena pro ně, případně pro všechny nody, pak je zpráva vykonána a přeposlána dalším příjemcům. Aktuální sekvenční číslo v rozmezí 1-254 je porovnáváno s minulým, naposledy přijatým sekvenčním číslem, které zůstalo v paměti nodu. Po úspěšném vykonání příkazu je minulé sekvenční číslo nahrazeno aktuálním. Následující algoritmus je využit pro kontrolu příchozí zprávy. Je-li podmínka splněna, příkaz je vykonán: $((\text{aktuální sekv. Číslo} - \text{minulé}) > 0)$ nebo $((\text{aktuální sekv. číslo} + 127) < \text{minulé})$.

Pozice v řetězci	Příklad z obrázku		Význam bajtu
			Po každém odeslání zprávy musí být k sekvenčnímu číslu připočtena jednička.
11. až 20.	...	-	datová část zprávy.
21. a 22.	64 5C	-	CRC kontrolní součet.
23.	7E	-	synchronizační bajt, konec přijímané zprávy.

Tab. 12 Datová část odchozí zprávy

Pozice v řetězci	Příklad z obrázku		Význam bajtu
11.	03	-	příkaz k vykonání. Každý tvůrce aplikace má na senzorovou síť jiné nároky, a proto bude také nody programovat jiným způsobem. Jednotlivé příkazy mají své identifikační číslo, které je na této pozici odesláno.
12. a 13.	00 00	-	zdroj příkazu. Tyto dva bajty obsahují informaci o nodu, ze kterého byla zpráva odeslána. Při každém přeposlání je obsah těchto dvou bajtů nahrazen hodnotou odesílajícího nodu.
14.	00	-	hop-count. Podobně jako zdroj příkazu, i tato hodnota při každém přeposlání upravena a to tak, že je k hodnotě připočtena jednička. Po přijetí příkazu je tedy možné zjistit, kolikrát byla zpráva přeposlána, než došla ke svému cíli.
15. a 16.	05 00	-	různý význam. V tomto případě je význam - počet měření.
17. až 20.	B8 0B 00 00	-	různý význam. V tomto případě je význam - čas mezi měřeními.

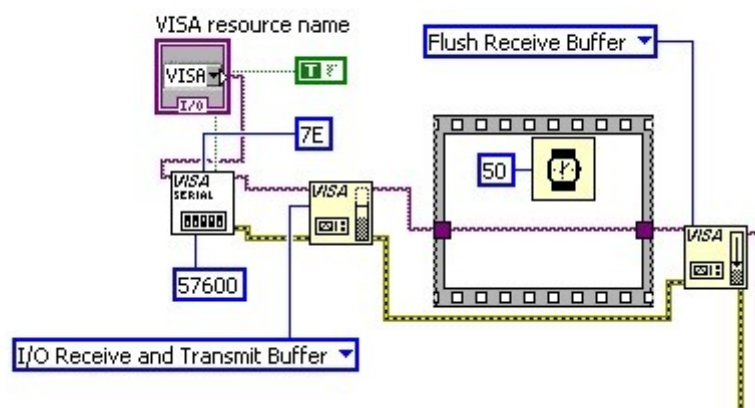
Postup při sestavení zprávy je následující:

- všechna systémová nebo naměřená data jsou seřazena do řetězce (mimo 7E na počátku a na konci řetězce a CRC, které dosud nebylo vyčísleno),

- postupně je ze všech bajtů (kromě bajtu 5D) sestaven kontrolní součet CRC, který je doplněn na pozici za poslední datový bajt,
- řetězec je doplněn o řídicí znaky 7E na počátku a na konci,
- zpráva je připravena k odeslání.

5.3.4 Vytváření aplikace

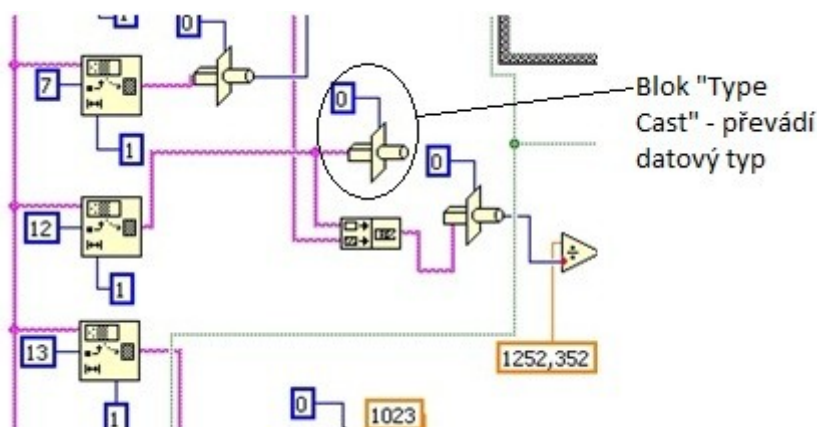
Nejprve byly staženy knihovny pro zvolené grafické vývojové prostředí LabVIEW, které bylo potřeba nakonec stáhnout přes FTP server, protože stránky na kterých bylo možno stáhnout knihovny, nefungovaly. Jelikož tyto knihovny nefungovali, je komunikace základnové stanice s počítačem realizována pomocí sériového portu, který je realizován v aplikaci pomocí několika bloků, a které jsou zobrazeny na obrázku (viz. Obr. 36).



Obr. 36 - Realizace sériové komunikace

Pro tuto realizaci bylo nutno vytvořit a přidat několik bloků buď pomocí roletové nabídky **Windows / Show Functions Palette** nebo kliknutím na pravé tlačítko myši kdekoliv v okně. Tato paletová nabídka je hierarchicky členěna a reprezentující vlastně knihovnu funkcí v okně blokového diagramu. Je-li v pravém horním rohu políčka nabídky šipka vpravo, pokračuje nabídka jemnějším členěním nižší úrovně. Blokové schéma je vlastně grafickým vyjádřením zdrojového kódu virtuálního přístroje a konstruuje se propojováním jednotlivých bloků signálovými cestami. Bloky jsou tvořeny jednak **koncovými bloky** (zdrojovými a cílovými) (source and sink terminals), které jsou na panel blokového schématu umístěny automaticky při tvorbě čelního panelu a jednak **uzlovými bloky** (nodes), které reprezentují bloky zpracování signálu. Lze je vybírat z již zmiňovaného paletového menu Functions. Uzlové bloky jsou v blokovém diagramu ekvivalentní příkazům, operátorům, funkcím

a podprogramům klasických programovacích jazyků. Bloky se propojují signálovými cestami (wires) a kromě tohoto propojení existují ještě programové struktury (structures), nahrazující v grafické podobě standardní konstrukce užívané v programovacích jazycích (podmíněný příkaz, přepínač, cyklus...). LabVIEW má i propojení na externí bloky textově orientovaného kódu a na textově orientované výrazy. Signálovou cestou, pomocí tzv. „wiring tool“, se propojují zdrojové a cílové koncové bloky. Nelze však propojit vzájemně dva zdrojové koncové bloky, ale jde spojit jeden zdrojový koncový blok k několika cílovým. Tvar a barva čáry reprezentující definovanou signálovou cestu rozlišuje typ proměnné, která prochází daným místem. Obecně nelze propojit cokoli s čímkoli, některé bloky, např. sčítání, dovolují značnou volnost, v některých případech je možné automatické přetypování, v místě přetypování se objeví tečka, jiné bloky nekompromisně vyžadují jistý datový typ. Jak je vidět na obrázku (viz. Obr. 37) bylo nutno převést jeden datový typ tzv. „string“ na číslo pomocí bloku „Type Cast“ a pak se s ním pracuje dál.



Obr. 37 - Převedení datového typu

Dále bylo nutno nastavit požadované parametry pro sériovou komunikaci. V případě použití základnové stanice (programovací desky) MIB520 je nastavení následující:

Rychlost: 57 600 bps

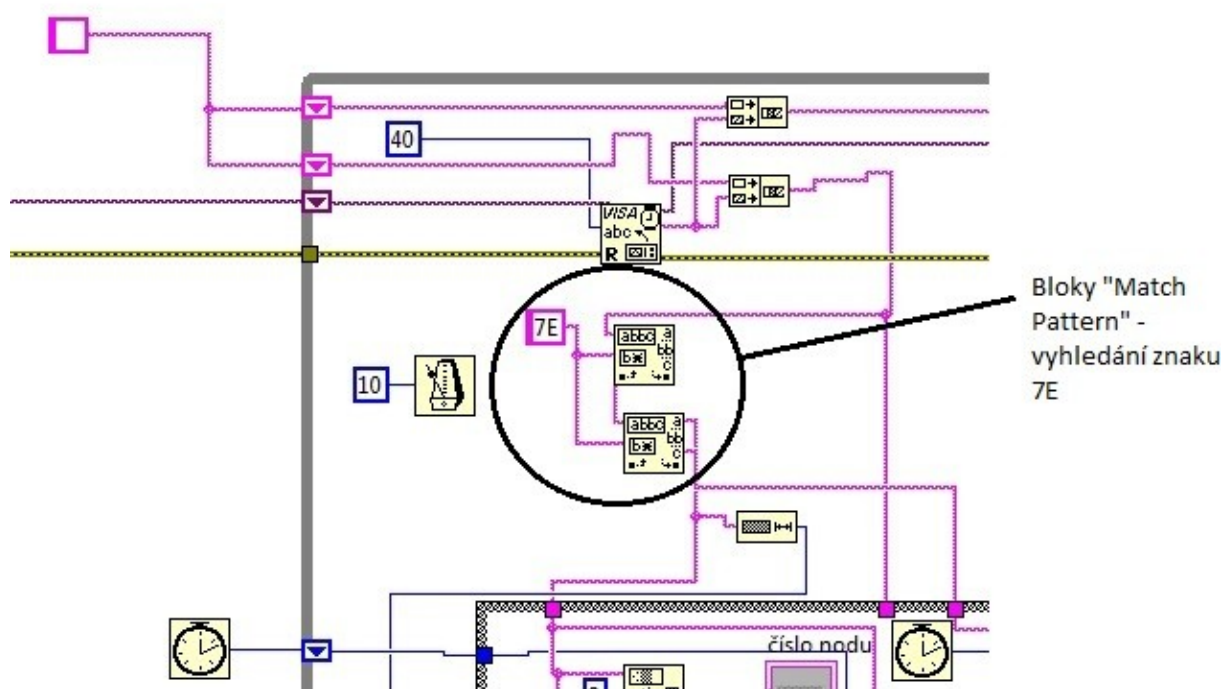
Počet datových bitů: 8

Parita: žádná

Stop bit: 1

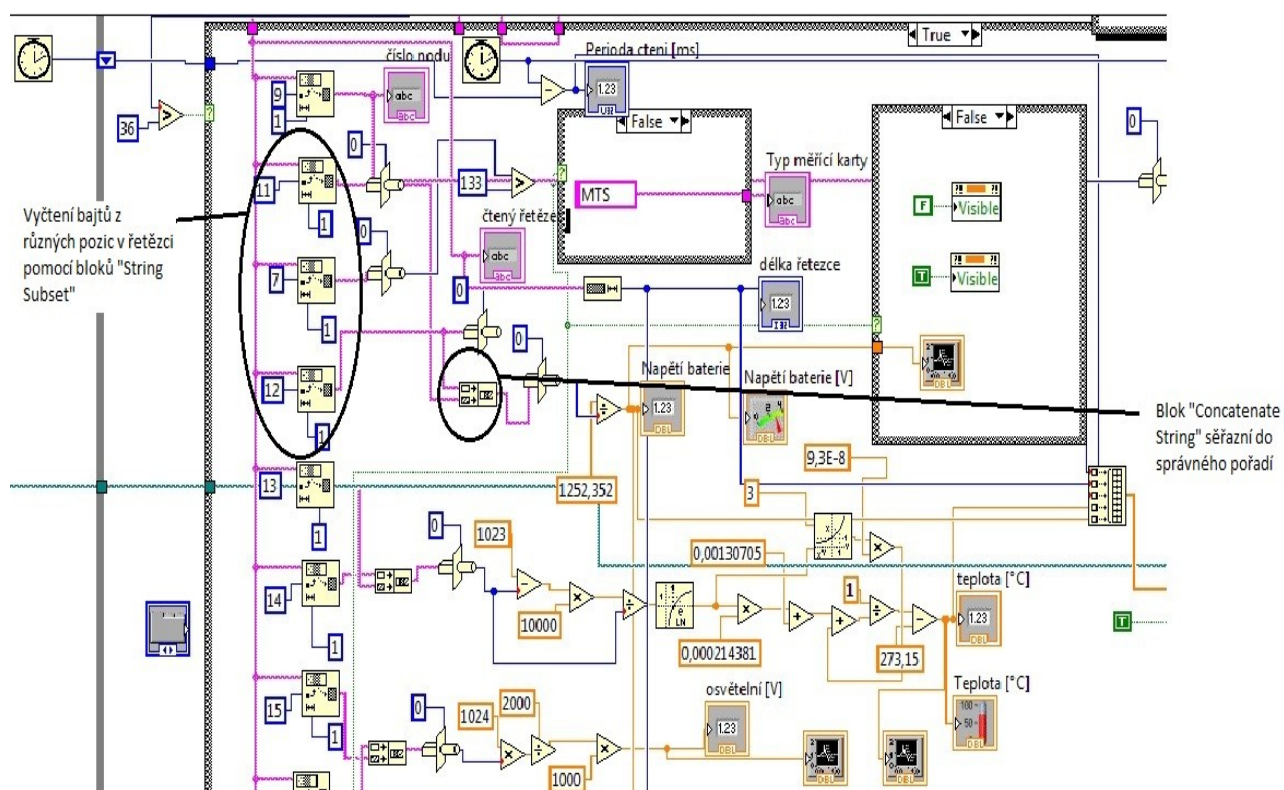
Tyto parametry se v aplikaci LabVIEW nastavují v bloku „VISA Configure Serial Port“, ve kterém můžeme nastavovat různé parametry jako například v našem případě počet datových bitů, paritu, stop bit, rychlost komunikace v baudech za sekundu, timeout apod. Dále bylo nutno nastavit vyrovnávací paměť (buffer) pro čtení, případně pro odesílání, nebo jako v tomto případě obojí. Dále jak bylo zjištěno je nutno použití bloku „flat sequence

structure“ se zpožděním 50 milisekund a následně vynulování vyrovnávací paměti (bufferu), aby byla zaručený chod aplikace. Z paměti (bufferu) se načítá pomocí bloku „VISA Read“ 40 bajtů tzv. „TOSMsg“ řetězce. Za pomoci dalších bloků tzv. „match pattern“ (viz. Obr. 38), ve kterém je vyhledáván uvozovací znak zprávy TOSMsg 7E, a následně je vyčten a zobrazen příchozí řetězec nacházející se mezi tímto uvozovacím a ukončovacím znakem. Případná další část nového řetězce, která se také načte a jinak by byla ztracena, se pomocí těchto bloků vyčte a následně se sčítá pomocí bloků „Concatenate Strings“ aby bylo zajištěno zpracování celého řetězce. Následně se s řetězcem TOSMsg, pokud je splněna podmínka že zpráva obsahuje více než 36 bajtů, což je zjišťováno pomocí bloku „String Length“, dále pracuje.



Obr. 38 - Vyčtení řetězce pomocí bloků "Match Pattern"

Jak je vidět na následujícím obrázku (viz. Obr. 39), příchozí řetězec je následně rozložen na jednotlivé bajty pomocí bloků „string subset“, které se případně ještě dále seřazují do správného pořadí, protože podle pravidel je nejprve odeslán nejnižší významový bajt a poslední v řadě je zaslán ten s nejvyšším významem, což je realizováno pomocí bloků „concatenate strings“. Význam jednotlivých bajtů popisují výše v kapitole 5.3.2 Popis příchozího řetězce.



Obr. 39 - Část blokového schéma vytvořené aplikace

Dále jsou tyto příslušné bajty převedeny na číslo pomocí bloků „type cast“ aby je bylo možné zařadit do vzorců, které bylo nutno najít na stránkách výrobce bezdrátových nodů a také z aplikace MOTEKom 2.1, pro přepočítání na příslušnou veličinu, která je následně pomocí příslušných bloků zobrazována na čelním panelu aplikace. Následně uvádím některé vzorce pro přepočítání na příslušnou veličinu.

Vzorec pro výpočet napětí na bateriích ve [V]:

$$BV = \frac{RV \times ADC_FS}{data} \quad (3)$$

kde:

ADC_FS = 1023,

RV = 1,223 V,

BV - napětí baterií,

ADC - výstup z A/D převodníku.

Vzorec pro převod teploty na °C z termistoru YSI 44006 :

Termistor Panasonic ERT-J1VR103J,

$$T = \left\{ \frac{1}{(a + b \times \ln(R_{thr}) + c \times [\ln(R_{thr})]^3)} \right\} - 273,15 \quad (4)$$

$$R_{thr} = \frac{R_1 \times (ADC_FS - ADC)}{ADC} \quad (5)$$

$a = 0.00130705$,

$b = 0.000214381$,

$c = 0.000000093$,

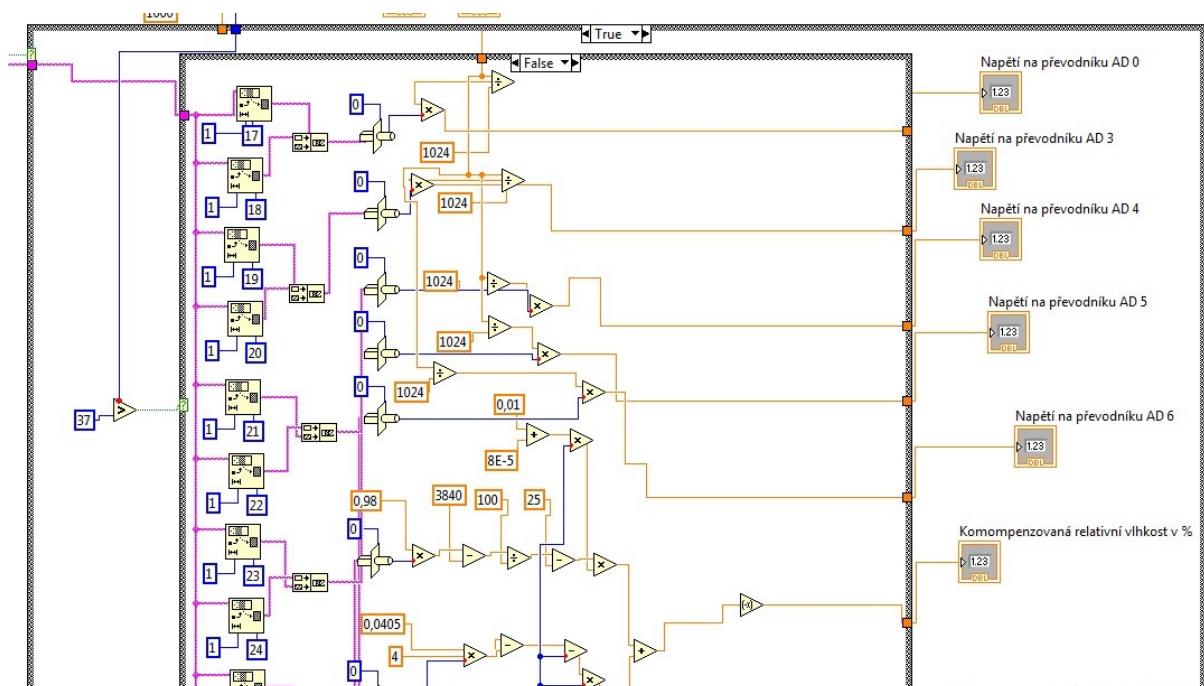
$R1 = 10 \text{ k}\Omega$,

$\text{ADC_FS} = 1023$,

ADC - výstup z A/D převodníku.

V aplikaci jsou také použity struktury „Case“, které jsou použity pro zpracování stejných bajtů v příchozím řetězci pro příslušnou měřící kartu a také pro zobrazování. Dále je nutné také některé bajty začlenit do struktury „Case“ ve struktuře „Case“ (viz. Obr. 40) z důvodu proměnlivosti délky přijímaného řetězce z důvodu převedení bajtu obsahujícího vyhrazenou hodnotu na povolené hodnoty následujícím způsobem:

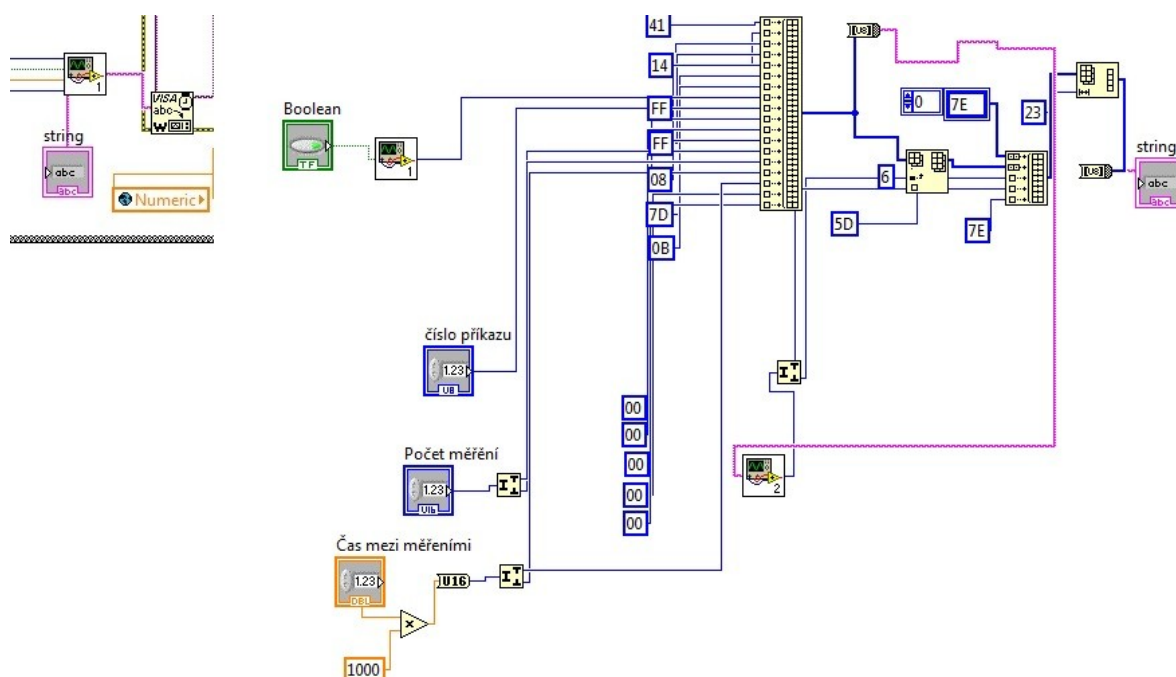
- rezervovaná hodnota je nahrazena hodnotou 0x7D (tímto se 7D stává pomocným rezervovaným bajtem),
- k původnímu vyhrazenému bajtu je „exkluzivně“ přičtena (XOR) hodnota 0x20,
- těmito dvěma bajty je nahrazen původní vyhrazený bajt, délka zprávy se tak zvýší o jeden bajt.



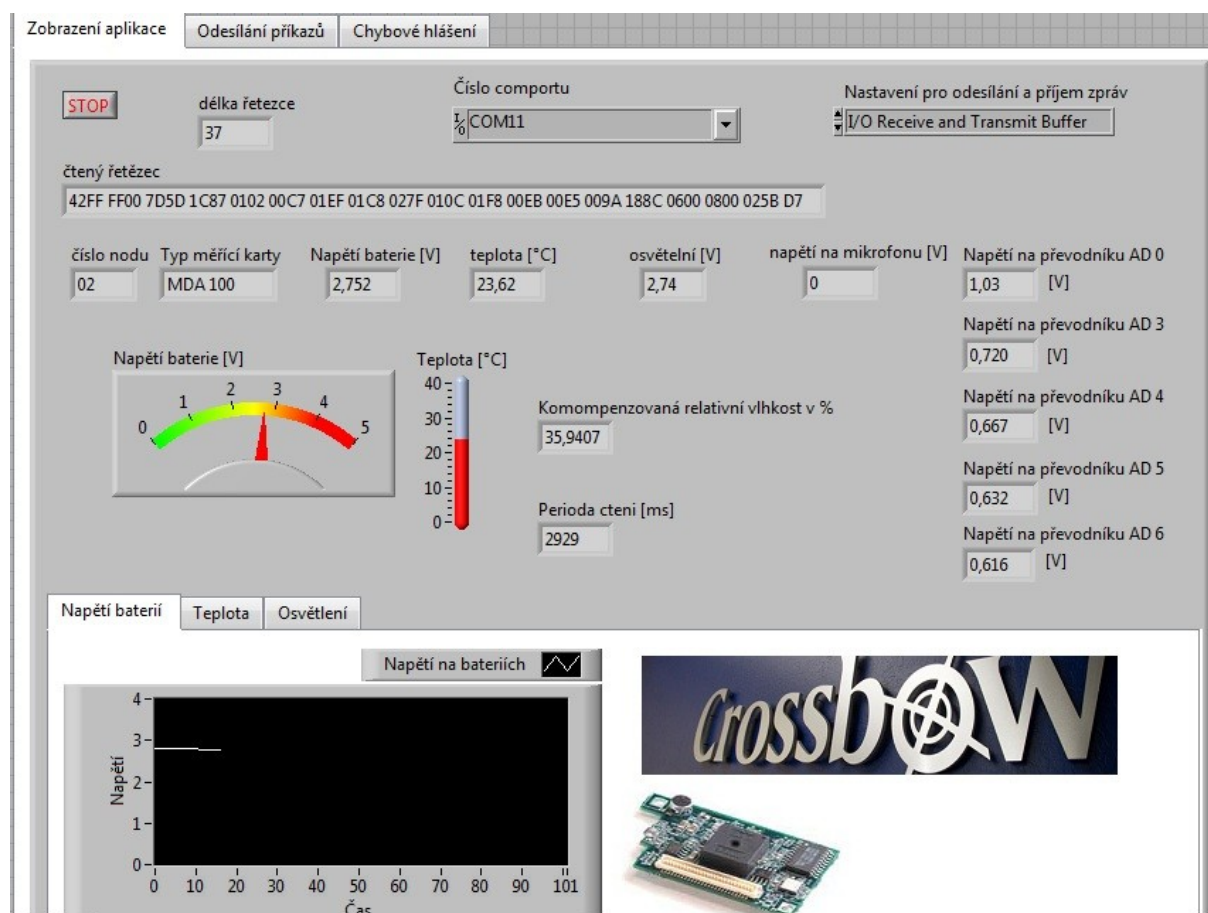
Obr. 40 Část ukázky zpracování některých bajtů v Case struktuře

Dále je také v aplikaci řešena archivace dat pomocí určitých bloků. Archivovány jsou přijaté řetězce, které se archivují do souboru typu „log“, který je možné si otevřít například pomocí freewarového nástroje PSPad, který je volně stažitelný z internetu. Dále je také archivována délka přijatého řetězce, čas mezi přijatými zprávami, teplota a napětí na bateriích. Tyto data se zapisují do souboru typu „csv“, který je možné otevřít například pomocí programu MS Excel.

Výpočet, sestavení kontrolního součtu CRC a sestavování odchozí řetězce je realizováno v samostatných projektech, ze kterých jsou vytvořeny jednoduché bloky, které jsou pak do hlavní aplikace vloženy a použity (viz. Obr. 41).

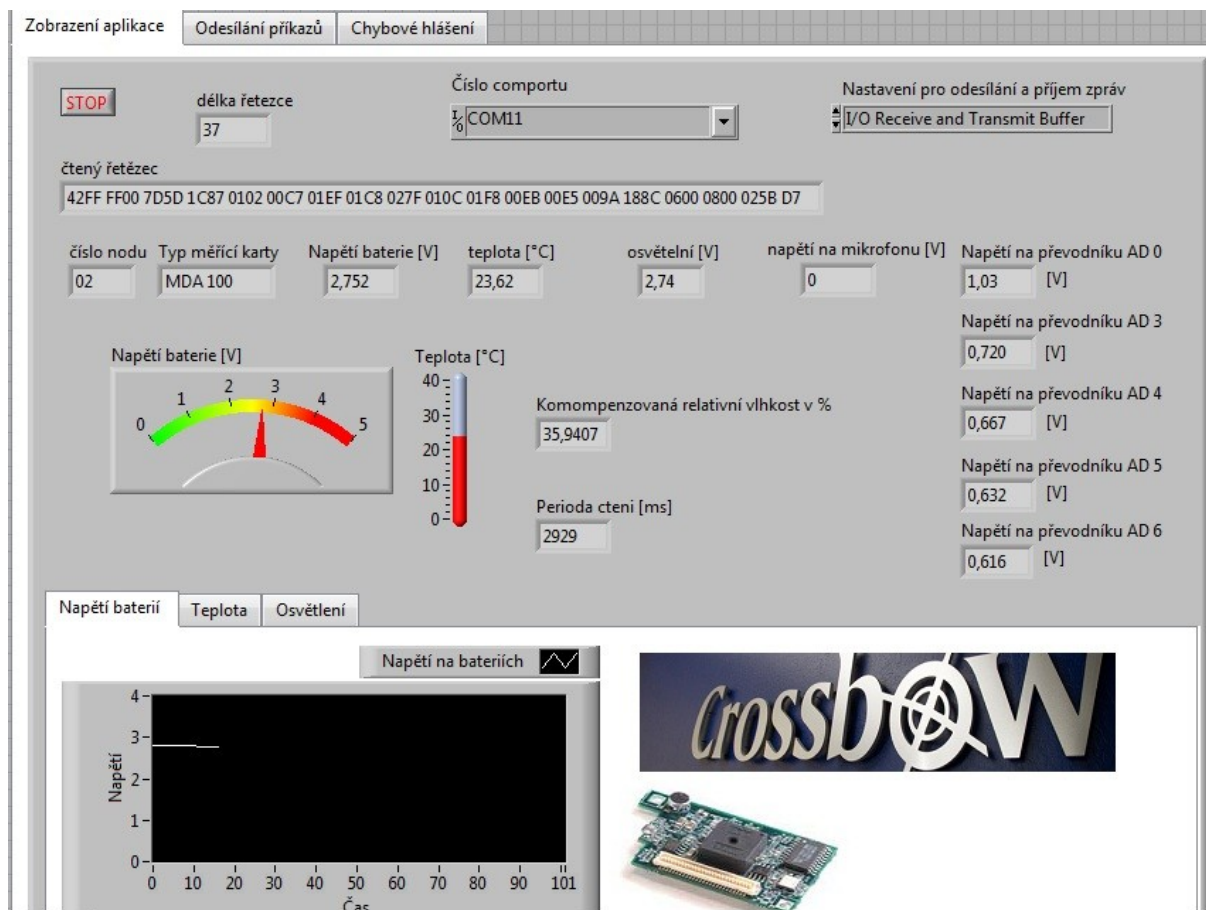


Obr. 41 - Příklad tvorby TOSMsg řetězce pro odesílání příkazů



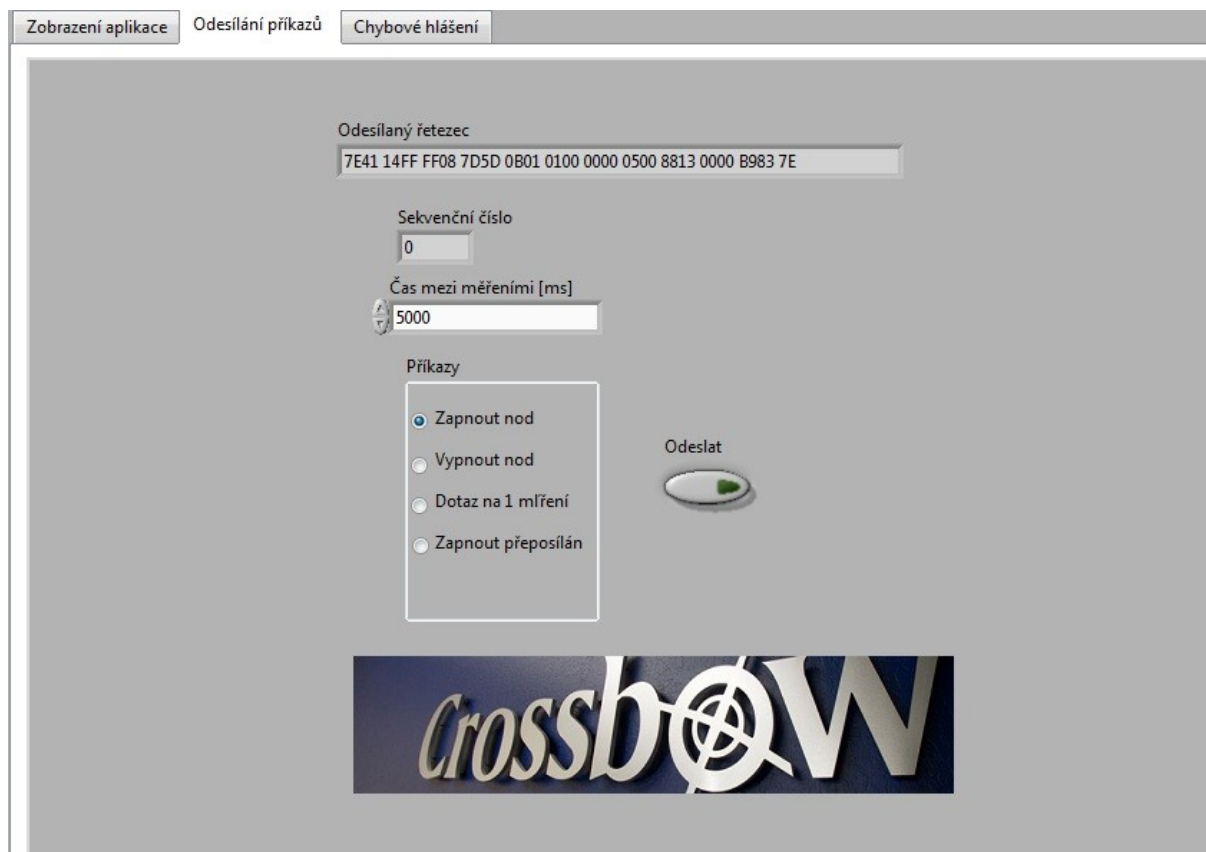
Obr. 42 - Část čelního panelu vytvořené aplikace

Po připojení základnové stanice MIB520 pomocí kabelu přes USB port k počítači s nainstalovaným vývojovým prostředím LabVIEW a spuštění aplikace je nutno nejdříve nastavit v čelním panelu aplikace příslušný COMport. Základnová stanice MIB520 vytváří v počítači dva virtuální COMporty a obvykle funguje ten poslední s vyšším pořadovým číslem. Po spuštění aplikace dojde k automatickému rozpoznání měřicí karty a začnou se nám zobrazovat data. Aplikace se skládá ze tří záložek (viz. Obr. 43), mezi kterými je možno se přepínat.

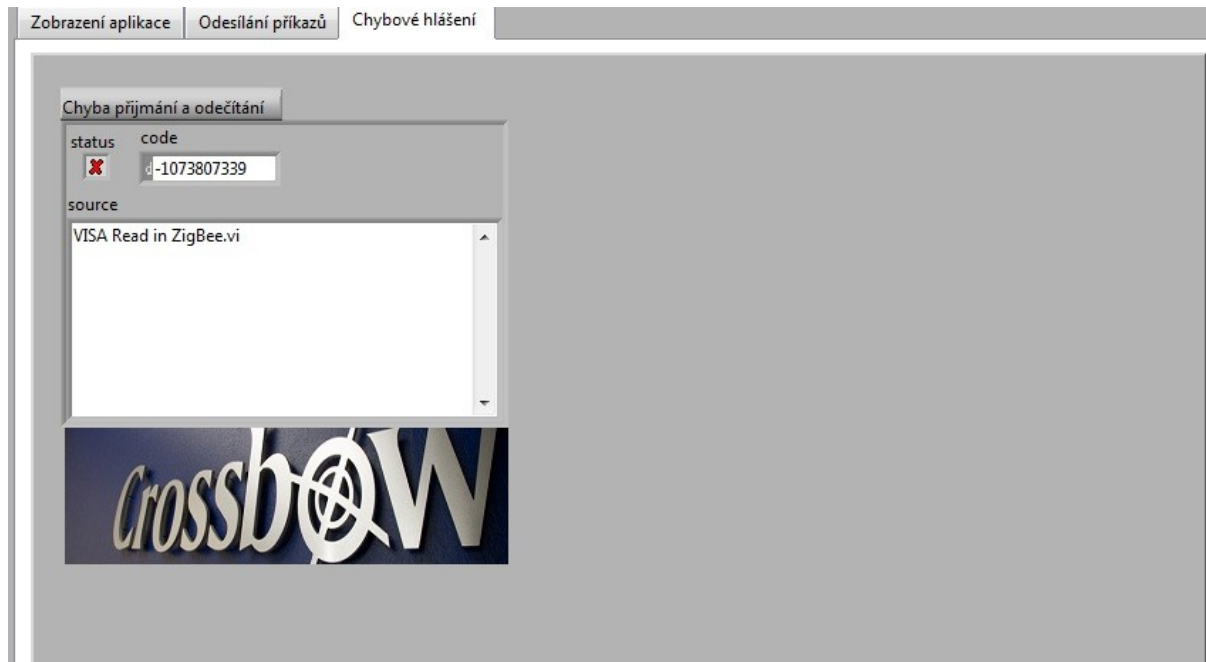


Obr. 43 - Záložky - Hlavní okno aplikace

V defaultně nastavené záložce se nám zobrazují data, z nichž některé se zobrazují i v grafech. V druhé záložce „odesílání příkazů“ (viz. Obr. 44) můžeme odesílat různé příkazy, jako například dotaz na jedno měření. V poslední záložce můžeme vidět případná chybová hlášení aplikace (viz. Obr. 45).



Obr. 44 - Záložky - okno odesílání příkazů



Obr. 45 - Záložky - okno chybové hlášení

Pomocí této aplikace je možno si ověřit nastavení časového intervalu a také největší možnou vzdálenost bezdrátového nodu od základnové stanice, která je v budovách udávána výrobcem přibližně 25 m.

5.3.5 Ověření funkčnosti vytvořené aplikace

Pomocí vytvořené aplikace byl vytvořen graf pro ověření spolehlivosti komunikace v závislosti na vzdálenosti, kdy spolehlivost byla vyhodnocována jako podíl součtu reálně přijatých délek řetězců k počtu teoreticky všech přijatých délek řetězce vynásobena stem.

Vzorec pro vyhodnocení spolehlivosti [%]

$$S = \frac{L_r}{L_c} \times 100 \quad (6)$$

S - spolehlivost naměřených dat

L_r - délka reálně přijaté části řetězce

L_c - délka teoretiky přijatého řetězce

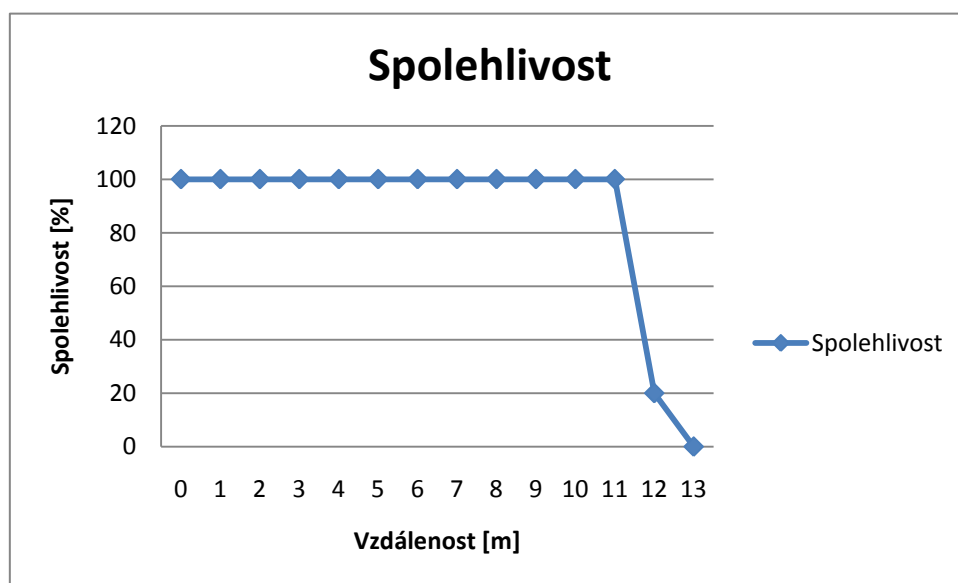
K dispozici jsou tři bezdrátové moduly:

modul číslo 1, který se skládá z modulu Micaz a připojené desky MDA 100

modul číslo 2, který se skládá z modulu Micaz a připojené desky MDA 100 a

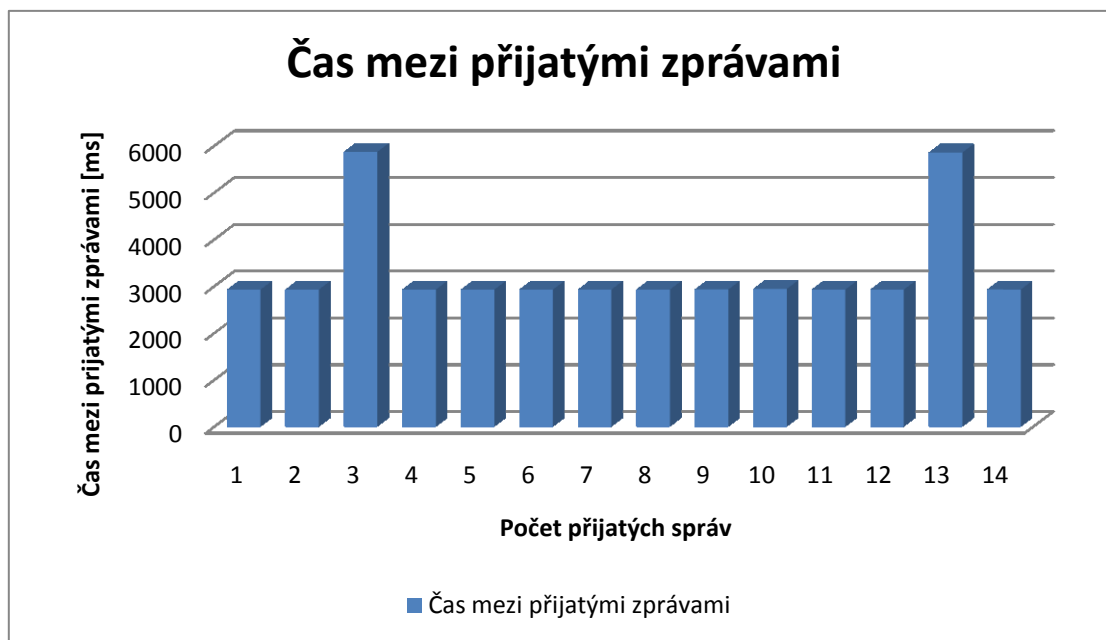
modul číslo 3, který se skládá z modulu Micaz a připojené desky MTS 300

Při měření spolehlivosti byl použit bezdrátový modul číslo dvě, ke kterému je připojena měřicí deska typu MDA 100. Měření probíhalo tak že tento bezdrátový modul byl umísťován do určité vzdálenosti s krokem jeden metr. Časový interval mezi měřeními byl nastaven na 3 sekundy. Pomocí archivace dat pak bylo vybráno prvních pět měření a následně pak pomocí vzorce číslo 6 uvedeného výše vyhodnotila spolehlivost měření v závislosti na vzdálenosti. (viz. Obr. 46)



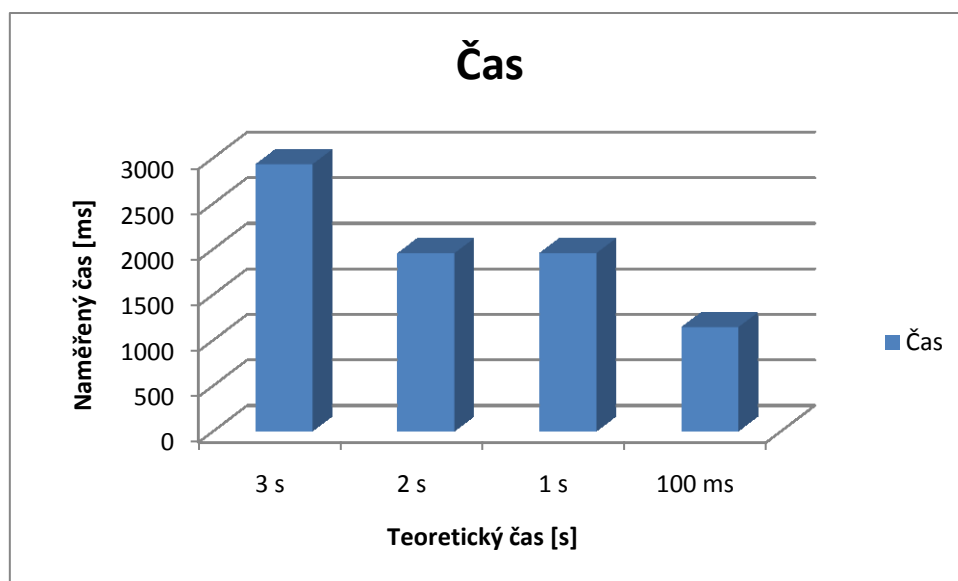
Obr. 46 - Graf spolehlivosti na vzdálenosti nodu

Na dalším grafu můžeme vidět průběh odesílání zprávy při vzdálenosti dvanáct metrů. Čas mezi měřeními byl nastaven na tři sekundy. Jak je z grafu patrné čas u třetího a třináctého vzorku je čas mezi měřeními další a tudíž je spolehlivost dat v takovéto vzdálenosti méně než 100%. (viz. Obr. 47)



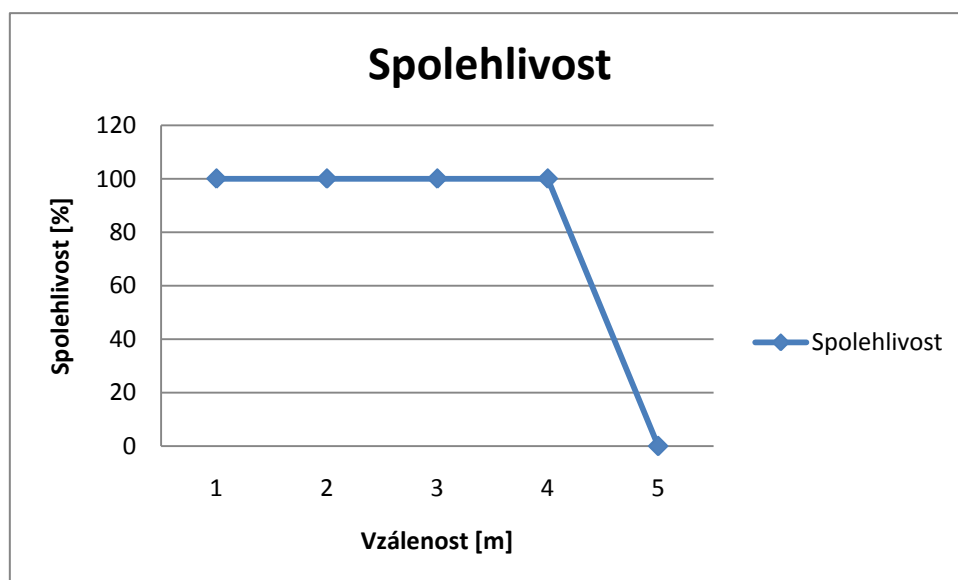
Obr. 47 - Čas přijatých zpráv

Další graf čas mezi nastavovanými intervaly měření a reálnými měřeními při vzdálenosti 1 m a s tím související spolehlivost se zkracováním měřených intervalů. Měření bylo prováděno tak že se zadal teoretický interval měření a z 3 přijatých zpráv vypočten průměrný časový interval. Měření bylo prováděno s časovým krokem 1 sekunda. Toto měření bylo zopakováno 3 krát a do grafu pak byly zaneseny průměrné hodnoty z těchto 3 měření. Měření bylo provedeno pomocí bezdrátového modulu číslo 2 obsahující měřicí desku typu MDA 100. (viz. Obr. 48)



Obr. 48 - Skutečná odezva aplikace

Další měření bylo provedeno pomocí použití bezdrátového modulu číslo 3, ke kterému je připojena měřicí deska MTS 300. Jedná se o měření spolehlivosti přijatých dat s vloženou překážkou. Překážku v tomto případě tvořila lidská dlaň ve vzdálenosti 2 centimetrů od základnové stanice MIB 520. Měření probíhalo tak že tento bezdrátový modul byl umísťován do určité vzdálenosti s krokem jeden metr. Časový interval mezi měřeními byl nastaven na 3 sekundy. Pomocí vzorce uvedeného výše se vyhodnotila spolehlivost měření v závislosti na vzdálenosti. Jak je patrné spolehlivost klesla po 5 m na 0%. (viz. Obr. 49)



Obr. 49 - Spolehlivost s vloženou překážkou

5.4 Navržená úloha

Navržená úloha bude obsahovat zadání úlohy, schéma zapojení, teoretický rozbor a potup při měření.

Zadání:

1. Seznamte se s úlohou a jednotlivými prvky úlohy.
2. Zapojte měřicí úlohu podle schémata zapojení.
3. Ověřte funkčnost zapojení a změřte teplotu v místnosti pomocí dvou různých nodů a naměřená data porovnejte s jiným typem přístroje pro měření teploty a vykreslete je v grafu

Schéma zapojení:



Obr. 50 - Schéma zapojení

Teoretický rozbor:

V této aplikaci je využita bezdrátová technologie ZigBee, která je vystavěná na standardu IEEE 802.15.4. Je určena pro spojení nízko výkonových zařízení v sítích PAN na malé vzdálenosti do 75 metrů avšak díky použití multiskokového ad-hoc směrování umožňuje komunikaci i na větší vzdálenosti bez přímé radiové viditelnosti jednotlivých zařízení. Primární určení směřuje do aplikací v průmyslu a senzorových sítích. Byla založena ZigBee aliance za účelem vytvoření nového bezdrátového komunikačního standardu vhodného i pro účely průmyslové automatizace. Nižší přenosová rychlost poskytuje vyšší odolnost proti rušení, což ZigBee předurčuje pro využití v průmyslu, například pro řízení budov - řízení vstupu, osvětlení, klimatizace, rolet apod., automatizace & MaR - bezdrátová komunikace senzorů, řízení motorů a regulátorů, zdravotní péče - monitorování pacienta atd. Bylo pro něj definováno několik rádiových pásem, aby byl akceptovatelný v různých zemích s odlišnými předpisy a kritérii.

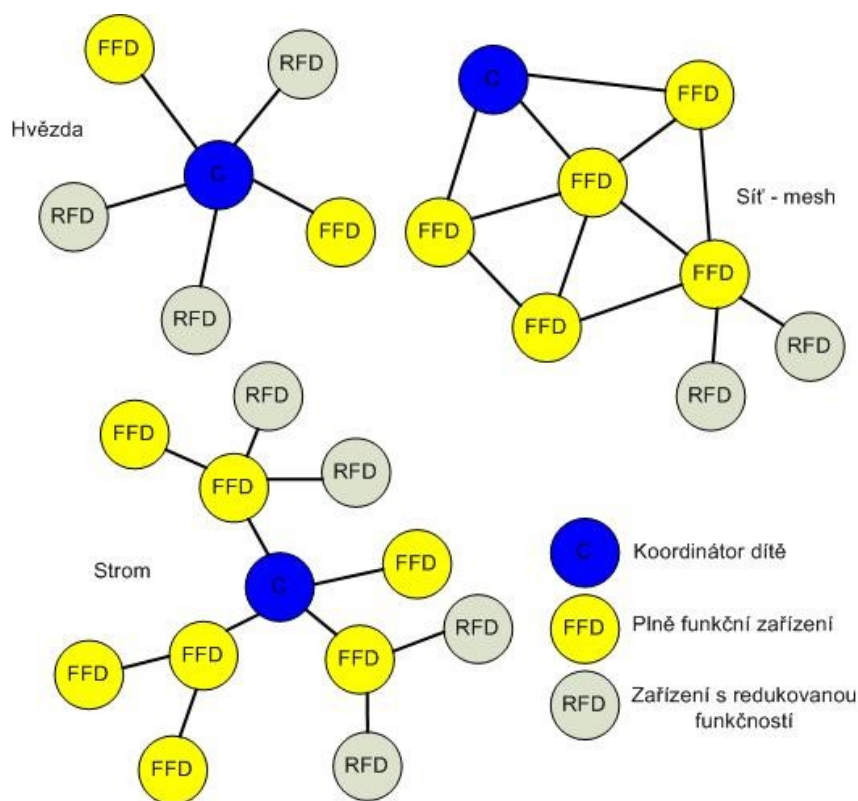
Jsou pro něj definována tři rádiová pásma:

globální použití: pásmo ISM 2,4 GHz s 16 kanály a přenosovou rychlostí 250 kb/s;

Amerika a Austrálie: pásmo 915 MHz s 10 kanály a přenosovou rychlostí 40 kb/s;

Evropa: pásmo 868 MHz s jedním kanálem a přenosovou rychlostí 20 kb/s.

Standard ZigBee založený na fyzické a linkové vrstvě IEEE 802.15.4 definuje tři typy síťové topologie (viz. Obr. 51).



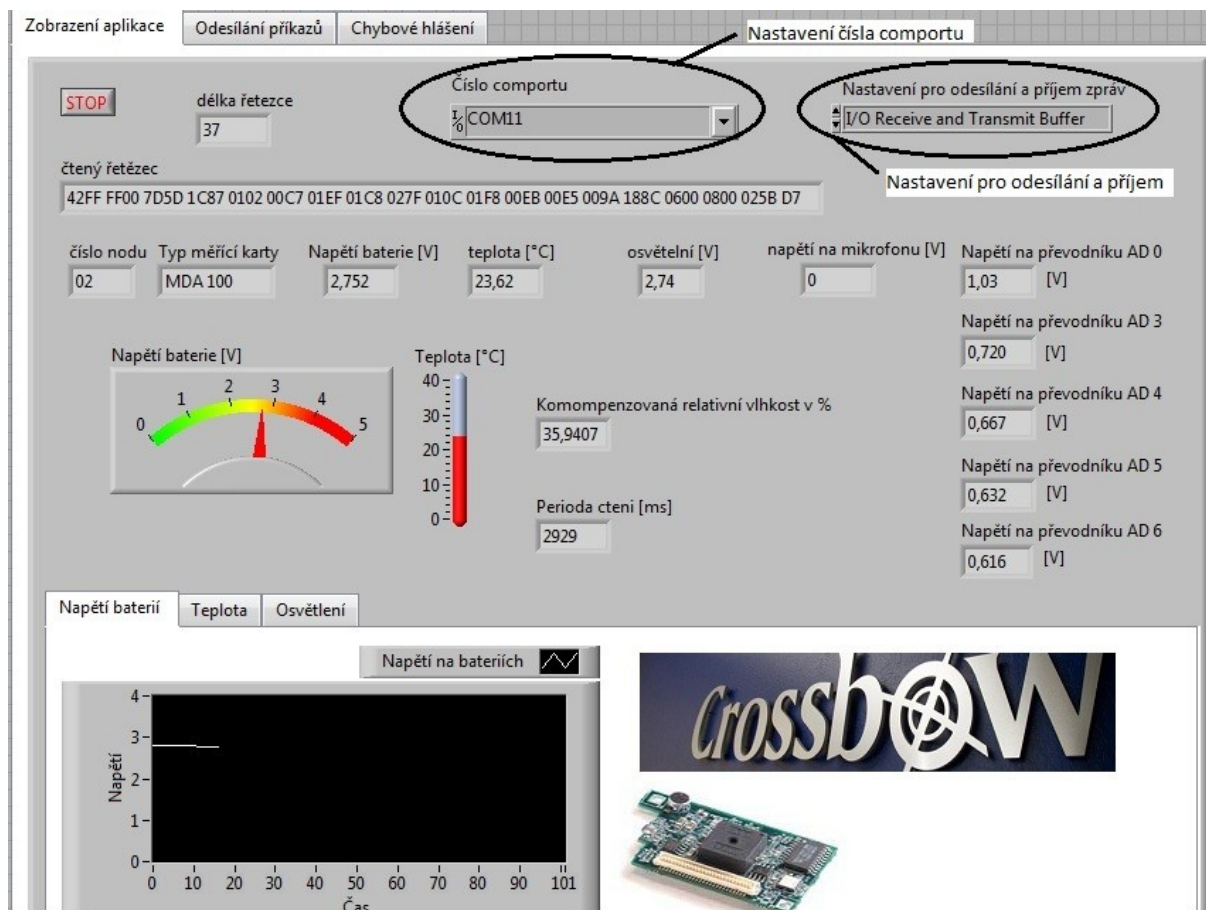
Obr. 51 - Příklady topologií realizovatelné standardem ZigBee [Balšánek]

Aplikace v LabVIEW

Aplikace v LabVIEW se skládá z části „front panel“ (čelní panel) a „block diagram“ (blokové schéma). Čelní panel zde slouží jako uživatelské rozhraní, mohou zde být indikátory, digitální i analogové ukazatele, tabulky, tlačítka, atd.

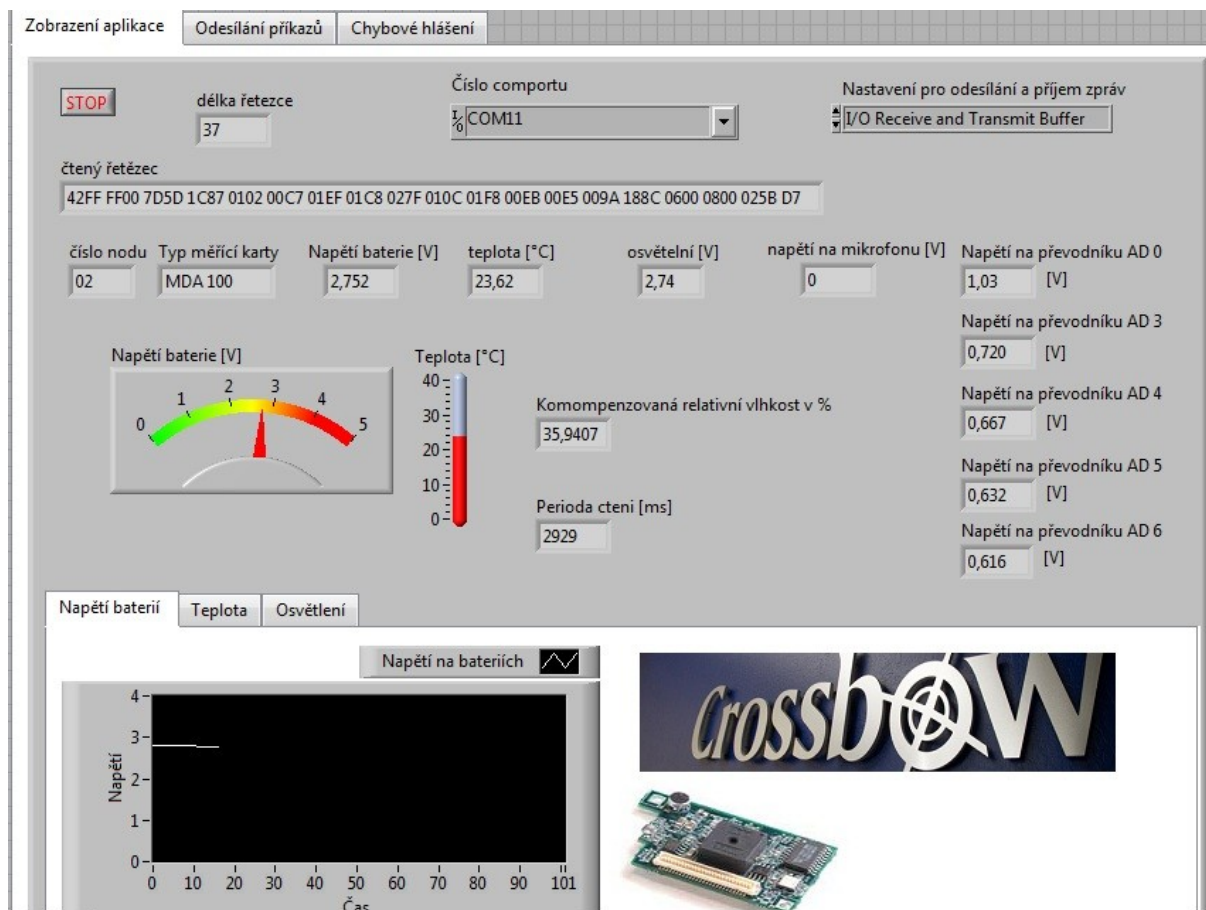
Po připojení základnové stanice MIB520 pomocí kabelu přes USB port k počítači s nainstalovaným vývojovým prostředím LabVIEW a před spuštěním aplikace je nutno nejdříve nastavit v čelním panelu aplikace příslušný import, které se dá zjistit v systému Windows ve správci zařízení. Po připojení základnové stanice se zobrazí další dva comporty, přičemž funguje ten s vyšším pořadovým číslem.

Dále je nutno nastavit požadované parametry pro sériovou komunikaci zda chceme data jenom číst či zapisovat, nebo obojí (viz. Obr. 52).



Obr. 52 - Nastavení parametrů pro komunikaci v aplikaci LabVIEW

Po spuštění aplikace dojde k automatickému rozpoznání měřicí karty a v části „front panel“ (čelní panel) se začnou zobrazovat data (viz. Obr. 53).



Obr. 53 - Čelní panel aplikace LabVIEW

Postup měření:

1. Zapojte základnovou stanici do USB portu počítače
2. Zjistěte číslo comportu ke kterému je připojena základnová stanice (v operačním systému Windows ve správci zařízení, kde se po připojení zobrazí dva další comports)
3. Spustěte aplikaci, ověřte funkčnost aplikace a změřte teplotu v místnosti postupně pomocí dvou různých modulů s měřicími kartami MDA 100 a MTS 300. Postupně zapněte nejprve jeden modul a archivována data, která se archivují v souboru DATA.csw. Tento soubor se nachází ve stejném adresáři jako aplikace. Tyto data si zkopírujte, protože při každém spuštění jsou přepsána. Naměřená data porovnejte s jiným typem přístroje pro měření teploty a vykreslete je v grafu.

Závěr

V práci jsem v úvodních kapitolách popsal bezdrátové průmyslové sítě, jako například Bluetooth, WiFi, ZigBee a také jsem popsal bezdrátové USB. Dále jsem popsal vybrané realizované modely na katedře ATŘ v laboratořích H 303. Také jsem se seznámil a popsal senzorové nody s bezdrátovou komunikací pro monitorování procesů. Pro zobrazení a ukládání dat, která se ukládala do databáze, byla použita aplikace MOTEKom 2.1. Tuto úlohu jsem otestoval v již zmiňované aplikaci MOTEKom 2.1 a dále jsem naměřil některá data, například data z fotosenzoru či termistoru. Bezdrátové nody a sběrná stanice spolu komunikují pomocí řetězců TOSMsg, které využívají ke vzájemné komunikaci. Naměřená data se tedy převádějí na řetězec, které je nutno převádět na požadovaný výstup. Také jsem v práci v dalších kapitolách popsal drobné nedostatky této vybrané úlohy, a některé nedostatky jsem odstranil. Dále jsem se seznámil s USB snímači Phidgets, které jsem popsal v předchozích kapitolách. Některé z USB snímačů Phidgets jsem také otestoval. Především jsem testoval jejich funkčnost. Testování jsem prováděl v jednoduché aplikaci Phidgets a také v aplikacích, které byli vytvořeny v aplikaci LabVIEW verze 8.5.1 s kterou jsem se také seznámil. Dále v práci navrhuji úlohy pro oblast bezdrátových průmyslových sítí s využitím bezdrátových nodů od firmy Crossbow a snímačů značky Phidgets. Popisují také vytvořenou aplikaci s využitím bezdrátových nodů od firmy Crossbow, její vytváření a realizaci. Dále také popisují komunikaci mezi nody s rozbořem příchozího a odchozího řetězce. Funkčnost vytvořené úlohy byla ověřena. Pomocí této úlohy byly naměřeny a vykresleny data na ověření spolehlivosti měření a nastavení minimálního intervalu měření. Z provedených měření je patrné, že spolehlivost měření klesá po 11 metrech od základnové stanice, měřena pomocí bezdrátového modulu s měřicí deskou MDA 100, spolehlivost s vloženou překážkou s použitím bezdrátového modulu s měřicí deskou MTS 300, která je do 4 metrů 100%. Dále z grafů vyplývá interval mezi měřeními, který je možné nastavit na 1,1 sekundy. Také jsem vytvořil úlohu s využitím této aplikace a bezdrátových modulů firmy Crossbow, kde je cílem změřit teplotu v místnosti postupně pomocí dvou modulů s rozdílnými měřicími deskami MDA 100 a MTS 300 vykreslit naměřená data do grafu a porovnat je s referenčním typem přístroje pro měření teploty. Jako další možnost rozvoje bych navrhoval přidání událostního řízení, kde by docházelo k šetření energie a ověření tohoto událostního řízení.

Conclusion

In my thesis I described in the introductory chapters of wireless industrial networks such as Bluetooth, WiFi, ZigBee and as well as I have described wireless USB. Next, I described the selected models implemented in the Department of the ATŘ labs H 303. I also met and described the sensor nodes with wireless communications for process monitoring. To view and store data that is stored in a database application was used MOTEKom 2.1. I tested this task in the above-mentioned application MOTEKom 2.1 and then I measured some of the data, as data from photosensor or thermistor. Wireless nodes and base station communicate with TOSMsg strings they use to communicate with each other. I also thesis in other chapters describe the minor shortcomings of the chosen task, and I removed some of the shortcomings. Then I met with USB Phidgets sensors, which I described in previous chapters. Some USB Phidgets sensors I also tested. Above all, I tested their functionality. Tests I conducted a simple application of Phidgets and the applications that were created in LabVIEW version 8.5.1 with whom I also met. Next in thesis suggest the role of the industrial area of wireless networks using wireless nodes from Crossbow Company and brand Phidgets sensors. I also describe an application created using the wireless node from Crossbow Company, its development and implementation. It also describes communication between nodes with an analysis of inbound and outbound supply string. A functionality-based task has been verified. With this task was measured and plotted the data to verify the reliability of measurements and minimum measurement interval. The measurements show that the reliability of measurement decreases to 11 meters from the base station using a wireless module measured with a measuring board MDA 100, the reliability of the obstacle using an embedded wireless module to the measuring plate MTS 300, which is within 4 meters of 100%. Next, the graphs show the interval between measurements, which can be set to 1.1 seconds. I also created task with the use of wireless applications and modules from Crossbow, which aims to measure the room temperature successively with two different modules with measuring boards MDA 100 and MTS 300 the measured data to graph and compare them with the reference type of device for measuring temperature. As a next possibility of development would add event driven, where there was an investigation and verification of energy event driven.

Použitá literatura

352lab.vsb.cz [online]. 2005 [cit. 2009-04-25]. Monitorování a řízení technologických procesů. Dostupné z WWW: <<http://352lab.vsb.cz/ServerFinalVer/ParWEB/HierStRiz.htm>>

BALŠÁNEK, M. Senzorové nody s bezdrátovou komunikací pro monitorování procesů. Ostrava, 2007. 130 s. Dizertační práce. VŠB-TU Ostrava, kat-352.

BRADÁČ, Zdeněk. AUTOMATIZACE [online]. duben 2005 [cit. 2009-03-10]. Bezdrátový komunikační standard ZigBee. Dostupné z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=638>>

BRŮCHA, F. Computerworld.cz [online]. 2009-02-21 [cit. 2009-03-05]. Nové standardy Bluetooth: Vyšší rychlost, nižší spotřeba. Dostupné z WWW: <<http://computerworld.cz/technologie/nove-standardy-bluetooth-vyssi-rychlost-nizsi-spotreba-3510>>

CROSSBOW WWW [online] [cit. 2009-05-20]. Webové stránky výrobce MOTE. Dostupné z WWW: <www.xbow.com>

Dostupný z www:

< www.phidgets.com/documentation/Archive/1112_0_Product_Manual.pdf>

Dostupný z www:

<URL: <http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/1124.pdf>>

Hw.cz [online]. 2007-08-31 [cit. 2009-03-10]. Wireless USB - bezdrátové USB. Dostupné z WWW: <<http://hw.cz/teorie-praxe/art2004-wireless-usb-bezdratove-usb.html>>

KOTON, J.; ČÍKA, P.; KŘIVÁNEK, V. Access server [online]. 2007-04-18 [cit. 2009-03-10]. Standard nízkorychlostní bezdrátové komunikace ZigBee. Dostupné z WWW: <<http://access.feld.cvut.cz/view.php?nazevclanku=standard-nizkorychlostni-bezdratove-komunikace-zigbee&cisloclanku=2006032001>>

NOTEBOOK.cz [online]. 2006-03-12 [cit. 2009-03-04]. WiMAX - popis technologie. Dostupné z WWW: <<http://notebook.cz/clanky/tiskova-zprava/2006/060306-WiMAX-technologie>>

Phidgets, 1051 - *PhidgetTemperatureSensor* [online]. [Místo vydání neznámé]: Phidgets, Dostupný z www: <URL: <http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/1051.pdf>>

Phidgets, *1059 - PhidgetAccelerometer 3-Axis* [online]. [Místo vydání neznámé]: Phidgets, Dostupný z www: <URL: <http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/1059.pdf>>

Phidgets, *1061 - PhidgetAdvancedServo 8-Motor* [online]. [Místo vydání neznámé]: Phidgets, Dostupný z www: <URL: <http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/1061.pdf>>
Phidgets, *Mini Joystick Sensor* [online]. [Místo vydání neznámé]: Phidgets, Dostupný z www: <URL: <http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/1113.pdf>>

Phidgets, *Precision Light Sensor* [online]. [Místo vydání neznámé]: Phidgets, Dostupný z www: <URL: <http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/1127.pdf>>

Phidgets, *Precision Temperature Sensor* [online]. [Místo vydání neznámé]: Phidgets
Phidgets, *Rotation sensor* [online]. [Místo vydání neznámé]: Phidgets, Dostupný z www: <URL: <http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/1109.pdf>>

Phidgets, *Slider* [online]. [Místo vydání neznámé]: Phidgets,
Samuraj [online]. 2007-08-21 [cit. 2009-03-04]. Bluetooth – královský přenos dat. Dostupné z WWW: <<http://www.samuraj.cz/technika-a-hitech-clanek/bluetooth-kralovsky-prenos-dat-28/>>

VOJÁČEK, A. Hw.cz [online]. 2005-06-08 [cit. 2009-03-10]. ZigBee - novinka na poli bezdrátové komunikace. Dostupné z WWW: <<http://hw.cz/Rozhrani/ART1299-ZigBee---novinka-na-poli-bezdratove-komunikace.html>>

ZEZULKA, F. Prostředky průmyslové automatizace. Brno : VUTIU, 2004. 176 s. ISBN 80-214-2610-1.